

The image shows a tall, ornate Gothic tower, likely a church spire, with three spires and a brick building in the foreground. The tower is made of dark stone and has intricate carvings. The brick building has a gabled roof and arched windows. The sky is blue with some light clouds. The text is overlaid on the right side of the image.

# 'Aardbevingsbestendige woningen'

*KNAW minisymposium*

*op 24 maart 2020*

*in de Aula van de RUG, Groningen*

*Dit is de verzameling van artikelen*

*Uitgegeven op 24 maart 2020*



# **‘Aardbevingsbestendige woningen’**

**Ter gelegenheid van het**

**KNAW minisymposium**

**24 maart 2020**

**Aula van de RUG, Groningen**

**Dit is de verzameling van artikelen uit voordrachten**

**Uitgegeven op 24 maart 2020**

## Colofon

KNAW – minisymposium ‘Aardbevingsbestendige woningen’

24 maart 2020

Ondanks het vervallen van het symposium door de Corona crisis is dit boekje samengesteld voor digitale verzending en het drukken van een papieren versie.

Redactie: Mick Eekhout

Lay out: Mick Eekhout / Nicole Hartmann

Auteurs bijdragen: Cisca Wijmenga, Joost Walraven, Joop Paul, Julia Finkielsztajn, Ihsan Bal en Mick Eekhout op persoonlijke titel.

Verkrijgbaar via [www.mickeekhout.nl](http://www.mickeekhout.nl) / [www.KNAW.nl](http://www.KNAW.nl)

Correspondenties aan:

[A.C.J.M.Eekhout@tudelft.nl](mailto:A.C.J.M.Eekhout@tudelft.nl) / [m.eekhout@octatube.nl](mailto:m.eekhout@octatube.nl)

Met dank aan:



rijksuniversiteit  
groningen



K O N I N K L I J K E N E D E R L A N D S E  
A K A D E M I E V A N W E T E N S C H A P P E N

## VOORWOORD

Drie jaar geleden beleefde ik een bijzondere avond tijdens het eerste KNAW-minisymposium 'Aardbevingsbestendige gebouwen' in de prachtige aula van ons Academiegebouw in Groningen. Ik bewaar goede herinneringen aan die bijeenkomst omdat verschillende dingen naadloos samenvielen: mijn persoonlijke belangstelling en interesse voor architectuur, mijn lidmaatschap van de KNAW en bovenal de groeiende maatschappelijke zorgen over dat dringende Groningse onderwerp: de gevolgen van de gaswinning in onze regio.

Ik heb die avond in maart 2017 ontzettend veel geleerd. Over hoe bevingen van relatief geringe kracht enorme impact kunnen hebben op gebouwen en woningen. We stonden aan de vooravond van toenemende ellende, nog onwetend van de bevingen in Zeerijp (2018) en Westerveld (2019). Ik was dan ook zeer verheugd dat de KNAW besloot een tweede editie van het symposium in Groningen te organiseren. In de afgelopen jaren is er veel gebeurd op het gebied van het versterken van bestaande woningen en berekenen van nieuwbouw. Ik keek ernaar uit om, in mijn nieuwe functie als rector magnificus van de RUG, de sprekers te ontvangen. En natuurlijk om te horen hoe de wetenschappelijke inzichten zijn veranderd.

Als Universiteit van het Noorden zet de RUG in op verregaande samenwerking met andere regionale kennisinstellingen, industrie en overheden.

Maatschappelijke thema's als de aardbevingsproblematiek zijn daarvoor bij uitstek geschikt. We voelen ons sterk verbonden met en verantwoordelijk voor de inwoners van Noord-Nederland. En we hebben veel te bieden. De RUG beschikt over een breed pallet aan interdisciplinaire expertise: van juristen die alles weten over de procedures rond schadeherstel en schadevergoedingen, tot economen die de invloed van de gaswinning op de huizenmarkt becijferen en sociaal psychologen als Katherine Stroebe en Tom Postmes die de maatschappelijke impact van aardbevingen nauwgezet analyseren.

Helaas verhinderde het coronavirus (voorlopig) een vervolg op het succesvolle eerste mini-symposium. Ik hoop dat dit boekwerk belangstellenden in staat stelt op alternatieve wijze kennis te nemen van de nieuwste inzichten. Wie meer wil weten over Gronings onderzoek naar de aardbevingen verwijs ik graag naar onze website: [www.rug.nl/research/societal-themes/earthquakes](http://www.rug.nl/research/societal-themes/earthquakes). Veel leesplezier gewenst!

Cisca Wijmenga  
Rector Magnificus RUG

|

# INHOUDSOPGAVE

<b>Voorwoord</b> door Cisca Wijmenga	<b>3</b>
<b>Inleiding</b> door Mick Eekhout	<b>7</b>
<b>Veiligheid voorop en de burger centraal: Het belang van het bewonersperspectief</b> door Tom Postmes	<b>9</b>
<b>De ontwikkeling van de NPR 9998 van 2015 tot eind 2020</b> door Joost Walraven	<b>19</b>
<b>Aardbevingen Groningen: diagnose van bestaande gebouwen</b> door Joop Paul	<b>31</b>
<b>Wat kunnen we leren van de successen van de Nieuwbouwregeling van de afgelopen 6 jaar?</b> door Julia Finkielstzajn	<b>47</b>
<b>Mythes en onwaarheden in het Groningse aardbevingsprobleem - Een nieuwe aanpak voor seismische versterking</b> door Ihsan Engin Bal	<b>57</b>
<b>Myths and Fallacies in the Groningen Earthquake Problem - A New Approach for Seismic Strengthening</b> by Ihsan Engin Bal	<b>65</b>
<b>Conclusies</b> door Mick Eekhout	<b>73</b>
<b>Curriculum Vitae</b>	<b>89</b>





## Inleiding

Deze bundel artikelen over voordrachten bevat de inhoud van het KNAW-minisymposium 'Aardbevingbestendige woningen' dat was georganiseerd om te worden uitgevoerd op 24 maart 2020 als opvolger van het KNAW minisymposium van 20 maart 2017 'Aardbevingbestendige gebouwen'. Helaas heeft de Coronacrisis er op vrijdag 13 maart een streep door gezet doordat de RUG en KNAW hun organisaties moesten sluiten. Om toch tegemoet te komen aan de verwachtingen van degenen die zich hebben ingeschreven is, deze bundel van separate bijdragen verzameld en in een format gegoten dat als digitaal verslag verspreid wordt via de KNAW bij de ingeschrevenen en als papieren boekje wordt gedrukt. De digitale versie is kosteloos downloadbaar vanaf de site van de initiatiefnemer en trekker van dit symposium:

[www.mickeekhout.nl](http://www.mickeekhout.nl).

In de lezingen van het KNAW-minisymposium van 20 maart 2017 werden de principes uitgelegd hoe de aardbevingen tot stand komen en hoe men met de bouwkundige gevolgen ervan omgaat. Het symposiumboek is nog steeds beschikbaar en te downloaden vanaf de site [www.mickeekhout.nl](http://www.mickeekhout.nl).

We zijn nu met dit tweede KNAW minisymposium op 24 maart 2020 drie jaar verder. Tussen 2017 en 2020 is er veel veranderd. Het dramatische 'Wendepunkt im Bauen' was de beslissing van minister Erik Wiebes eerst in maart 2018 om geheel te stoppen met de gasproductie in 2030 en later in september 2019 om de nulgasproductie reeds in oktober 2022 te organiseren. Ook al weet men nooit wat er met die datum kan gebeuren, laten we 1 oktober 2022 maar als datum aanhouden voor het einde van de gasproductie. Die nulgasproductie heeft indirect grote invloed op de bouwkundige ontwikkeling.

**Cisca Wijmenga**, RUG rector magnificus, benadrukt in haar voorwoord het belang om kennis te delen vanuit de RUG en vanuit de KNAW en die nieuwste inzichten op een populair wetenschappelijke wijze te delen met de vele belangstellenden. Zij duidt als gastvrouw op de vele aspecten die de Rijksuniversiteit Groningen in huis heeft om deze problematiek te analyseren.

**Tom Postmes** is als hoogleraar sociale psychologie zeer geïnteresseerd in de gevolgen die de aardbevingen hebben gehad op de Groningse bevolking. Hij verklaart de onrust, niet zozeer in de bouwtechnische kant maar in de wijze waarop de overheid wisselende posities heeft ingenomen. Hij geeft een richting aan voor het beëindigen van de onrust onder de Groningers.

**Joost Walraven** is als emeritus hoogleraar TU Delft voorzitter van de NPR commissie van 2015 tot en met de komende versie van 2020. Hij legt uit hoe de NPR versies tot stand kwamen en hoe de relatie tussen NPR als geschreven richtlijn en de bijbehorende, maar aparte seismische dreigingkaarten, die voortdurend kunnen veranderen door voortschrijdend inzicht.

**Joop Paul** legt als directeur van ingenieursbureau Arup uit hoe de versterkingsanalyses zijn gemaakt en hoe de gecompliceerde engineeringprocessen gestroomlijnd zijn geworden. Arup's target zijn complexe problemen op een nauwkeurige wijze te stroomlijnen en tot een goed resultaat te begeleiden.

**Julia Finkielstzajn** legt als projectmanager voor de nieuwbouwregeling van de NAM uit hoe haar ervaringen waren met het begeleiden van nieuwbouwprojecten. Ze geeft ook aan hoe de seismische belastingen tussen 2015 en 2018 zijn gedaald in kracht en wat de gevolgen daarvan zijn.

**Ihsan Bal** legt als lector Hanzehogeschool 'Earthquake Resistant Structures' onder andere de begrippen veiligheid, piekgrondversnellingen, richtlijn en code uit, mede in internationaal verband. Hij voorziet een aanmerkelijke verlaging van de belastingen vanuit de aardebevingen.

**Mick Eekhout** heeft dit KNAW-minisymposium geïnitieerd en getrokken tot en met de redactie van dit boekje. Hij schrijft als ervaren design & build ontwerper en bouwer van glasconstructies, onder andere in heftige aardbevingsgebieden als Japan en Mexico, een koepelachtige beschouwing over een aantal veranderingen die zich in de afgelopen 3 jaar in Groningen hebben voorgedaan, en rekent voor dat de toekomstige belastingen uit de bevingen alleen licht versterken nodig zullen maken.

Alle dank gaat uit naar de sprekers die zich, na het afgelasten van het KNAW-minisymposium veranderd hebben in schrijvers van een artikel over eigen ervaring en inzichten. De auteurs hebben de gelegenheid gekregen hun eigen standpunt toe te lichten, waarbij de 'Conclusies' als een koepelverhaal e over die standpunten heen redeneert. De auteurs worden zeer bedankt voor hun inzet en geduld waarmee zij, naast hun werk, vrijwillig de discipline van het samenstellen van dit boekwerk hebben doorstaan.

Mick Eekhout,

Emeritus hoogleraar TU Delft,  
KNAW lid en initiatiefnemer KNAW-minisymposium

# Veiligheid voorop en de burger centraal: Het belang van het bewonersperspectief

Tom Postmes

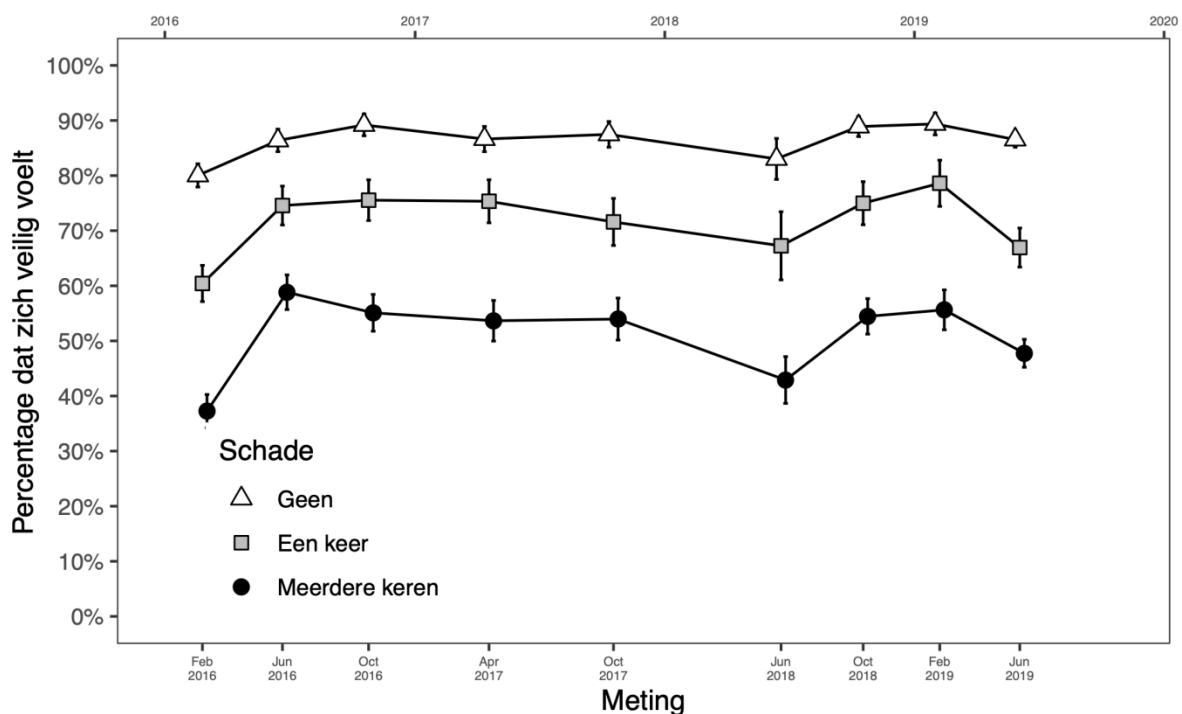
Sinds 2014 leiden Katherine Stroebe en ik een onderzoeksgroep die intensief en grootschalig onderzoek doet naar de gevolgen van de bodembeweging in Groningen voor mensen. Dat onderzoek naar veiligheid, gezondheid en toekomstperspectief van Groningers ([www.groningsperspectief.nl](http://www.groningsperspectief.nl)) ontwikkelen en voeren wij uit samen met de GGD Groningen, Sociaal Planbureau Groningen en de Gemeente Groningen. Sinds 2015 is de Nationaal Coördinator Groningen sponsor van dit onderzoek. We werken in een multidisciplinair team met psychologen, arts-epidemiologen, sociologen, een taalkundige, een communicatiewetenschapper en als nieuwste aanwinst twee historici. We benutten verschillende methoden: kwalitatief en kwantitatief, met gebruikmaking van onder meer Lifelines, de GGD gezondheidsmonitor en een groot panel. Bij de opzet en rapportage werken we nauw samen met instanties en maatschappelijke organisaties: ons streven is door co-creatie een zo compleet en valide mogelijk beeld te schetsen van de impact. Dat beeld voedt beleid en uitvoering, zo is de gedachte.<sup>1</sup>

Al dat onderzoek laat zien: de impact van de bodembeweging op bewoners is zeer zorgelijk. In het stuk laat ik zien dat, volgens gangbare definitie, in Groningen een ramp is gebeurd, zonder dat er ooit een dode viel als gevolg van een aardbeving. Hoe kan dat? En wat betekent dat voor de versterking, schadeafhandeling en toekomst van Groningen? Het antwoord wordt in dit hoofdstuk in stappen gegeven. Ik begin met de stand van kennis over de impact en haar oorzaken. Dan besteed ik kort aandacht aan de vraag: wanneer is iets een ramp en hoe ontstaat die eigenlijk? Dan geef ik mijn visie op de overheidsreactie. Die ingrediënten voeg ik samen om een diagnose te stellen van de redenen dat zich een Groningen een ramp voltrok. Tenslotte trek ik conclusies en sta kort stil bij de kernvraag: op basis van deze inzichten, hoe moeten we nu verder?

## De impact van bodembeweging ontleed

De resultaten van het onderzoek Gronings Perspectief laten zien dat het hebben van schade een zeer grote impact heeft op de veiligheidsbeleving van bewoners. Figuur 1 laat het percentage bewoners van Groningen zien dat zich

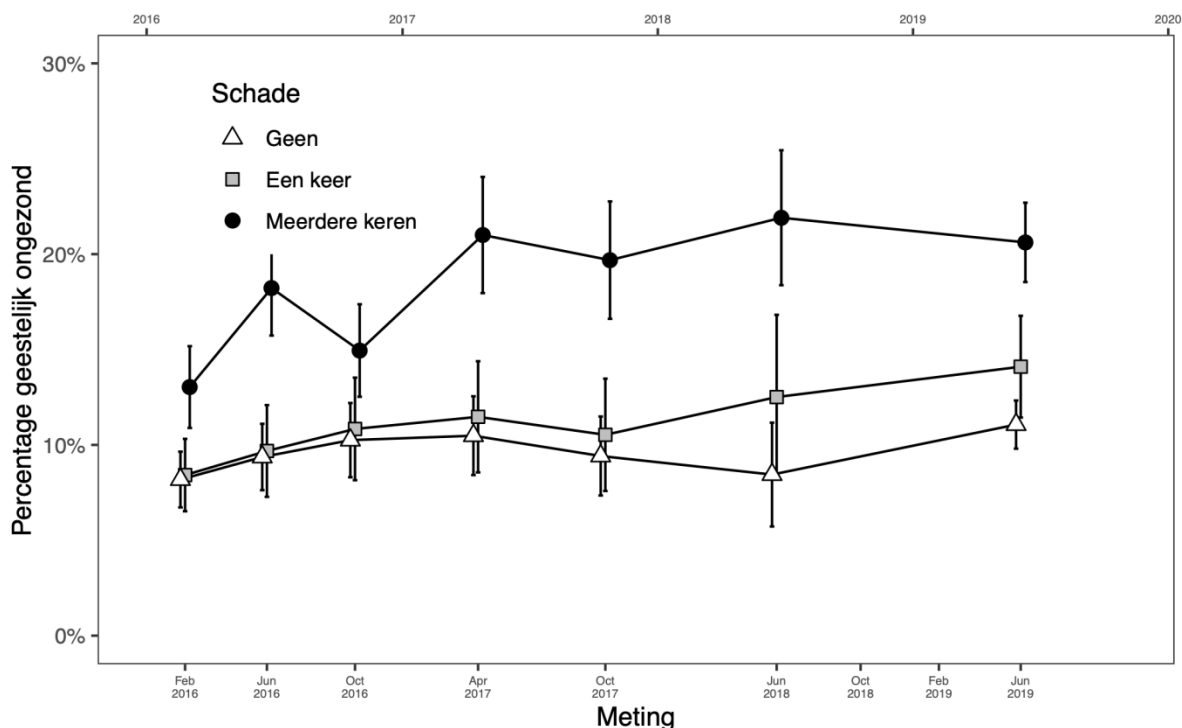
veilig voelt in relatie tot de aardbevingen in de eigen woning. We maken hierbij onderscheid tussen Groningers die denken dat ze geen schade te hebben, bewoners met één keer schade en bewoners die aangeven dat hun woning meervoudige schade door bodembeweging heeft. In vergelijking met de mensen zonder schade (die overigens deels in het risicogebied wonen of er dichtbij) is de ervaren veiligheid van mensen met schade lager. Dit geldt met name voor mensen met meervoudige schade. Bovendien zien we in de grafiek dat op momenten dat er een beving is geweest, de ervaren veiligheid scherp daalt.<sup>2, 7</sup> Schade (en in iets mindere mate seismiciteit) zijn dus beide zeer ontwrichtend voor bewoners: velen voelen zich niet langer veilig in hun eigen huis.<sup>1, 6</sup>



Figuur 1: de ervaren veiligheid van Groningers van 2016 - 2019 uitgesplitst naar schadeniveau, met 95% betrouwbaarheidsinterval<sup>6</sup>

De resultaten laten ook zien dat met name meervoudige schade een gezondheidsrisico is. Figuur 2 illustreert welk percentage van de bewoners geclassificeerd kan worden als geestelijk ongezond op basis van hun scores op een gevalideerde schaal voor geestelijke gezondheid die ook door CBS wordt gehanteerd (MHI5).<sup>6</sup> Onder personen met meervoudige schade zien we in de loop der tijd een groeiend probleem: er is ongeveer een verdubbeling van het aantal personen met een slechte psychische gezondheid. Schade heeft een vergelijkbaar effect op stress-gerelateerde gezondheidsklachten zowel van psychische aard (bijvoorbeeld een nerveus/gespannen gevoel, somberheid) als van lichamelijke aard (buik- of maagklachten, hartkloppingen). Ook zien we

een aantasting van de ervaren gezondheid in het algemeen en meer ziekteverzuim en burn-out onder mensen met meervoudige schade.<sup>1, 6</sup> Ander onderzoek bevestigt deze conclusies.<sup>5</sup> Schade aan de woning, met name als die vaker optreedt, gaat gepaard met een sterk vergroot risico op gezondheidsschade.



Figuur 2: de geestelijke gezondheid van Groningers van 2016 - 2019 uitgesplitst naar schadeniveau, met 95% betrouwbaarheidsinterval<sup>6</sup>

Het totaal aantal personen dat hierdoor wordt geraakt is goed te schatten op basis van de GGD gezondheidsmonitor: een groot onderzoek met een representatieve steekproef, landelijke methodiek en een dusdanig hoge dekking in Groningen dat resultaten betrouwbaar te extrapoleren zijn. Een conservatieve schatting is dat eind 2016 gevolg van de schadeproblematiek het aantal personen met slechtere gezondheidsklachten zo'n 10.000 volwassenen hoger is dan normaal.<sup>1, 3</sup> De reden voor deze grote aantallen: het aantal personen dat denkt meervoudige schade door bodembeweging te hebben is zeer groot. Eind 2016 waren dat ongeveer 70.000 volwassenen. Dat aantal is sindsdien opgelopen. Met kinderen erbij gaat het vermoedelijk om zo'n 100.000 personen.

Bij het zien van deze cijfers zou u kunnen concluderen dat aardbevingen schade veroorzaken die een deel van de bewoners traumatiseert. Het beeld van een aardbeving is dat van ingestorte huizen. Maar dat is niet wat je ziet op het hogeland van Groningen. Het gaat het doorgaans om kleine schades.

Waarom zijn die zo traumatisch? Ons onderzoek laat zien dat het met name de onzekerheid is die bewoners opbreekt. Die onzekerheid kan betrekking hebben op allerlei zaken: de ontwikkeling van de bevingen, de financiële gevolgen, de versterking van woningen en allerlei complicaties. Wat de meeste hinder geeft is niet alleen de schade zelf, maar ook het gedoe er omheen: schadeprocedures, herstel en de herhaling van (nieuwe) schade. Dat kost tijd en energie en brengt zorgen, frustratie en papierwerk met zich mee. In de woorden van een respondent: “De hinder is dat ik er veel mee bezig ben, in mijn hoofd, maar ook met het volgen van het nieuws over de voortgang in de afhandeling van [mijn] schademeldingen. Ik loop een paar keer per maand om mijn huis / door mijn huis op zoek naar scheuren, of de bestaande scheuren veranderen ...”<sup>5</sup>

Naast schadeafhandeling heeft een deel van de Groningers te maken met de versterkingsoperatie. Het gaat daarbij om aanpassingen aan huizen of om het slopen en herbouwen van huizen (sloop/nieuwbouw) om ze beter bestand te maken tegen bodembeweging. Waar de schadeafhandeling al een opgave is die sommige bewoners moeilijk aankunnen, gaat de versterkingsoperatie gepaard met een belasting die meer beslag legt op bewoners, die vaak veel ingrijpender is en die bovendien langer duurt. Versterking is een langdurig traject met veel onzekerheden. Bewoners moeten ingewikkelde keuzes maken, met verstrekende verandering van hun leven tot gevolg. Die inspanningen levert men voor een verbouwing waar niemand om heeft gevraagd en waar eigenlijk niet de financiële armslag is om te zorgen dat bewoners “er beter van worden”, want het principe is dat enkel de veiligheid wordt hersteld. De versterking zorgt ook vaak voor onenigheid tussen burens. Er zijn nog te weinig bewoners versterkt om de gezondheidsimpact hiervan in harde cijfers weer te kunnen geven, maar het eerste onderzoek schetst een zeer zorgelijk beeld.<sup>5</sup>

### **Een ramp in slow motion?**

Het “Sendai framework” werd in 2015 door de Verenigde Naties vastgesteld en definieert wat een ramp is (zie [www.unsddr.org](http://www.unsddr.org)): een ernstige verstoring van het functioneren van een gemeenschap door risicovolle gebeurtenissen. Het optreden van de ramp is een gevolg van *blootstelling, kwetsbaarheid en capaciteit* en gaat gepaard met gevolgen voor mens, materieel, economie en omgeving. De uitwerking van deze definitie houdt expliciet rekening met de mogelijkheid dat de blootstelling en haar effecten zich uitstrekken over langere tijd. In de literatuur wordt een ramp veroorzaakt door een serie kleinere gebeurtenissen een “slow onset disaster” genoemd.

Naar de maatstaf van die internationaal erkende definitie, kan de ontstane situatie in Groningen zonder twijfel gekwalificeerd kan worden als ramp, op basis van de omvangrijke gevolgen op alle terreinen. Het is wonderlijk dat het dat zo ver is gekomen, gegeven het feit dat Nederland niet bijzonder kwetsbaar is en doorgaans zeer goed voorbereid is op rampen en crises. In dit geval is de *blootstelling* aan de bevingen en de schade van geval tot geval vaak gering, in de zin dat schade niet heel groot is. De *kwetsbaarheid* van getroffen en is evenmin hoog. Ik stel dan ook vast dat het waarschijnlijk op gebied van de *capaciteit* is misgegaan.

Zoals blijkt uit het onderzoek van Gronings Perspectief: het is (in ieder geval tot voor kort) niet gelukt om de grote aantallen schadegevallen zodanig af te handelen dat het leven van bewoners er minimaal door werd verstoord. Dat betekent overigens niet dat de schadeafhandeling altijd slecht was: vermoedelijk is de meerderheid zelfs wél naar tevredenheid afgehandeld. Maar uit ons onderzoek blijkt: dan nog vond nagenoeg iedereen de schadeafhandeling veel gedoe. En het is een feit dat bewoners er veel hinder van ondervonden. In gevallen waar bewoners botsten met de NAM of CVW, escaleerde het te vaak. Zij moesten hun recht halen door procedures aan te spannen tegen de NAM en in toenemende mate hun eigen overheid: een zeer ongelijke strijd.

In hinder en conflicten ligt dan ook het vermoedelijke fundament van de Groningse ramp. De capaciteit die men heeft vrijgemaakt om schade af te handelen was onvoldoende. De slachtoffers werden te weinig herkend en erkend. Om te begrijpen hoe dat heeft kunnen gebeuren moeten we de overheidsreactie sinds de beving van Huizinge (2012) analyseren.

### **Veiligheid door de ogen van overheid en van bewoners**

Sinds de beving van Huizinge in 2012 veranderde het Nederlandse beleid ten aanzien van het Groningenveld drastisch. Veiligheid stond ineens centraal. Aanleiding van de beleidswijziging was dat het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) in 2012 vaststelde dat veel grotere bevingen zouden kunnen ontstaan. Dat betekende een potentieel probleem voor de fysieke veiligheid. Als bij een hevige beving gebouwen zouden instorten, konden er bewoners overlijden. Het SodM adviseerde daarop om de gaswinning drastisch te reduceren.

De reactie van de overheid op dit advies was niet om de veiligheid te vergroten door de gaswinning te reduceren. In tegendeel: het beleid was erop gericht om de gaswinning op hetzelfde hoge niveau voort te zetten. Dat kon gerealiseerd

worden, opperde men in 2013, door de veiligheid te garanderen door onveilige woningen in grote aantallen snel te versterken. Zowel de grote aantallen als de snelheid bleken een illusie.

In 2015 werd de Nationaal Coördinator Groningen opgericht, een groot overheidsapparaat voor de versterkingsoperatie. Via deze instantie zijn inmiddels enorme investeringen gedaan, met name op gebied van inspectie en engineering. Het nut van deze investeringen is omstreden. Zeven jaar na het aangekondigde beleid zijn iets meer dan duizend woningen versterkt. Of deze versterking nodig is voor de veiligheid wordt door velen betwijfeld.<sup>8</sup>

De bouwkundige en technische aspecten hiervan worden in de andere bijdragen van dit symposium beschreven. Wat in deze bijdrage centraal staat is echter het perspectief van de Groninger: voor welk probleem is die versterking eigenlijk de oplossing? Fysieke veiligheid is zonder twijfel op enkele locaties een reëel issue. Toch laat ons onderzoek zien dat het voor de meeste bewoners niet het probleem is waar zij mee worstelden. Er is in Groningen doorgaans zeer weinig angst voor instorting van woningen (al neemt men veel voorzorg, bijvoorbeeld door onveilige plekken in huis te mijden). In dat opzicht lijken de percepties van de bevolking niet zoveel te verschillen van het globale beeld dat het *Hazard and Risk Assessment* model van de NAM schetst: bewoners en model denken dat het instortingsgevaar in de meeste situaties wel mee zal vallen.

Het heeft er alle schijn van dat de versterking met name bedoeld was als oplossing voor het probleem van de overheid en de NAM zelf: het vrijwaarden van aansprakelijkheid als er toch een calamiteit zou komen. En het was een goede methode om een hoog niveau van gaswinning veilig te stellen. De bewoner is hierdoor mogelijk dubbel gedupeerd: niet alleen bleven velen met terugkerende schade zitten, zij kregen nu ook (via een volledig gescheiden traject) een heel andere overheidsinstantie aan de voordeur die hen confronteerde met langjarige trajecten van inspectie, engineering, versterkingsadviezen en in enkele gevallen ook daadwerkelijke versterking of sloop/nieuwbouw. Bij vragen over schade worden ze doorverwezen naar een ander loket.

Bewoners hebben, zoals we zagen, vooral veel last van bureaucratisch gedoe en onzekerheid. Dat komt onder andere door meer dan 100.000 kleine schades. Die schadeafhandeling kan soms lang duren, vooral als er bureaucratische complicaties zijn: een meningsverschil met de claimant, het



terugkeren van eerder herstelde schade, een administratieve fout, etc. Daar komt bij dat de procedures rond de afhandeling van schade en de instanties die daarvoor verantwoordelijk zijn de afgelopen jaren verschillende keren zijn gewijzigd. De rompslomp en de overlast die dit geeft trekt een grote wissel op bewoners, op de woningmarkt en op maatschappelijke verhoudingen. Daar komt in toenemende mate de onzekerheid en overlast van de versterkingsoperatie zelf bij: een traject met weinig voordelen voor bewoners maar wel met talloze irritaties en risico's. Voor individuele bewoners wordt de stress die zij ervaren meestal niet veroorzaakt door de bevingen zelf. De werkelijke stressor is de onzekerheid en de blootstelling aan instanties.

Het is dan ook aannemelijk dat de ramp in Groningen is ontstaan doordat de overheid prioriteit legde bij het borgen van de fysieke veiligheid in het hypothetische scenario van een grootschalige beving. Een oplossing van een probleem waar de meeste bewoners niet om hebben gevraagd omdat ze het probleem niet zien. Ondertussen nam de overheid geen enkele verantwoordelijkheid voor het werkelijke probleem van bewoners: de cumulatieve impact van doorgaans kleine bevingen die een keten aan kleinschalige schades in de provincie veroorzaakten, die op hun beurt zorgden voor maatschappelijke ontwrichting. De overheid verricht werkzaamheden op een ander traject dan dat van de bewoner. Een maatschappelijke ontsporing was het gevolg.

### **Conclusies: hoe nu verder?**

De minister van EZK heeft sinds 2013 met de mond beleden dat "veiligheid voorop" stond. Maar lange tijd was die veiligheid exclusief beperkt tot de "10<sup>-5</sup> norm" van fysieke veiligheid. Dat beleid heeft iets surreëls, zoals een gedachtenexperiment laat zien: als morgen besloten wordt om per direct de inwoners van de gemeente Loppersum uit hun woning te zetten uit veiligheidsoverwegingen is, volgens de huidige wetgeving, Groningen veiliger. Immers, door zo'n besluit wonen er minder Groningers in onveilige woningen (lid 2a van de mijnbouwwet). Het aantal bewoners dat hun woning moet verlaten speelt verder in de wet geen rol. Het gedachtenexperiment laat zien: in het beleid van de rijksoverheid staat veiligheid weliswaar voorop, maar omdat het enkel luistert naar berekeningen van seismische scenario's en kijkt naar gebouwen is het doof en blind voor de bewoners.

De huidige risicobenadering is dan ook een splijtzwam tussen ministerie, mijnraad, SodM, regio en Onderzoeksraad voor Veiligheid, juist nu eenheid in

de aanpak een vereiste is. De huidige versterkingsaanpak is gebaseerd op de fysieke veiligheid: woningen met een verhoogd risico krijgen prioriteit. Maar deze prioritering is gebaseerd op het minst belastende aspect van de veiligheidsproblematiek.

Kan het anders? Zeker. Begin met een transparante analyse wat de reële risico's zijn. Die risico's worden slechts voor een deel veroorzaakt door instortingsgevaar. Voor een ander deel worden ze veroorzaakt door verzwakking van woningen door cumulatie van vele bevingen. En in de huidige benadering telt dat al niet mee: verzwakking is voor loket schadeafhandeling, niet voor loket versterking. Er zijn bovendien heel andere reële risico's voor bewoners: de versterkingsoperatie is een grote belasting voor ze. Ook de schadeafhandeling kan dat zijn, onder meer door de lange wachttijd, complexe regelingen en voortdurende onzekerheid. En dan zijn er nog talloze bijkomende risico's door onder meer de verstoring van de woningmarkt, voortdurende onzekerheid en de verstoring van maatschappelijke verhoudingen.

Door op een nieuwe manier naar risico's en veiligheid te kijken komen nieuwe oplossingen in beeld.

Groningen wordt veiliger als er een coherent beleid is om deze reële risico's voor bewoners aan te pakken. Wat de risico's zijn, is van huishouden tot huishouden anders. De ingewikkelde problemen concentreren zich bij zo'n 2000 huishoudens, vermoed ik. Soms hebben zij complexe of meervoudige schade, soms lopen ze vast in de versterking, en in veel gevallen is aannemelijk dat andere zaken een rol spelen, zoals een onverkoopbaar huis. Mijn verwachting is dat je het meeste bereikt als je die problemen van de zwaarst getroffen bewoners per direct gaat oplossen: casus voor casus door meerdere kleine daadkrachtige teams met mandaat. Weg van de instanties, de regelingen en de huidige aanpak dus. Want die zijn voor een deel de oorzaak van de problemen waar mensen door in de knoop raken.

Zo'n "Top 2000" benadering kan prima samengaan met een meer generieke aanpak die zich richt op herstel en toekomst. Het ligt in de lijn der verwachting dat grootschalige versterking steeds minder nodig zal zijn. Dat biedt ruimte om een andere koers te bepalen. De regio én het rijk hebben het meest baat bij een aanpak die de vraag stelt: wat kunnen we per dorp en wijk doen om het achterstallige onderhoud in te halen en per locatie de beloofde impuls en transitie mogelijk te maken. Daarbij is het nodig om vertrouwen te geven aan

de bewoners van deze dorpen en wijken zelf: want zij zijn de enige die kunnen uitleggen wat er is gebeurd en wat er nodig is voor herstel. Zo'n vraag stellen vereist lef: misschien vinden alle Groningers zichzelf inmiddels een urgent geval. Bij mijn weten is het in al die jaren slechts op één locatie in de provincie gedurfd om bewoners dit te vragen. Ik hoor dat de resultaten hoopgevend zijn. Als dit elders en op grotere schaal ook lukt biedt het perspectief op een veel betere uitkomst dan de versterking: een kwaliteitsimpuls voor het gebied, ontwikkeld samen met bewoners, zonder nodeloos ingrijpende versterkingen van individuele woningen die de buurten verscheurt.

## Referenties

1. Postmes, T., Stroebe, K., Richardson, J., LeKander, B., Greven, F., & Broer, J. (2018). Gevolgen van bodembeweging voor Groningers: Ervaren veiligheid, gezondheid en toekomstperspectief 2016-2017. Heymans Institute, Rijksuniversiteit Groningen. [www.groningsperspectief.nl](http://www.groningsperspectief.nl)
2. Postmes, T., Lekander, B., Boendermaker, M., Stroebe, K., Richardson, J., Lammerts, G. & Oldersma, F. (2018). De maatschappelijke impact van de beving van Zeerijp. Ervaren veiligheid, gezondheid en toekomstperspectief. Groningen: Gronings Perspectief, Heymans Institute, Rijksuniversiteit Groningen. [www.groningsperspectief.nl](http://www.groningsperspectief.nl)
3. Postmes, T., LeKander, B., Stroebe, K., Greven, F., & Broer, J. (2017). Aardbeving en Gezondheid 2016: Resultaten van de GGD gezondheidsmonitor 2016. GGD Groningen.
4. Sluiter, K., van Valkengoed, A.M., Greven, I., Simon, C. (2018). Maatschappelijke Gevolgen Bodembeweging Groningen. Kennisplatform Leefbaar en Kansrijk Groningen. [www.kennisplatformleefbaar.nl](http://www.kennisplatformleefbaar.nl)
5. Stroebe, K., Postmes, T., Boendermaker, M., Kanis, B., Richardson, J., Bovenhoff, M., Schoutens, L., Broer, J. & Greven, F. (2019). Gaswinning en versterking: De sociale impact voor Groningers. Groningen: Gronings Perspectief, Heymans Institute, Rijksuniversiteit Groningen. [www.groningsperspectief.nl](http://www.groningsperspectief.nl)
6. Stroebe, K., Postmes, T., Kanis, B., Richardson, J., Bovenhoff, M., Schoutens, L., & Broer, J. (2019). De sociale impact van de gaswinning in Groningen: Stand van zaken, metingen juni & september 2019. Rijksuniversiteit Groningen. [www.groningsperspectief.nl](http://www.groningsperspectief.nl)
7. Stroebe, K., Postmes, T., Schoutens, L., Boendermaker, M., Kanis, B., Richardson, J., Bovenhoff, M., Broer, J. & Greven, F. (2019). De

- maatschappelijke impact van de beving van Westerwijtwerd.  
Rijksuniversiteit Groningen. [www.groningsperspectief.nl](http://www.groningsperspectief.nl)
8. Vlek, C. (2019). Twijfelachtige woningversterking in Groningen.  
Rijksuniversiteit Groningen. <https://www.groninger-bodem-beweging.nl/wp-content/uploads/2019/10/Vlek-twijfelachtige-woningversterking-Groningen.pdf>

# De ontwikkeling van de NPR 9998 van 2015 tot eind 2020

Joost Walraven

## 1. Het ontstaan van regelgeving voor het ontwerpen van nieuwe gebouwen en de beoordeling van de constructieve veiligheid van bestaande gebouwen voor geïnduceerde aardbevingen in de regio Groningen

Door de registratie van aardschokken met toenemende sterkte, een gevolg van de winning van gas vanuit de diepere aardlagen, ontstond de behoefte aan regelgeving om deze dreiging het hoofd te bieden. Het ging hierbij om regelgeving, niet alleen voor nieuwbouw, maar ook om het kunnen beoordelen van de constructieve veiligheid van de bestaande bouw.

In Europa is regelgeving voor het bouwen in aardbevingsgebieden voorhanden in de vorm van Eurocode 8. De eerste optie was daarom om hierop aan te sluiten en via een nationale bijlage deze delen van de Eurocode toe te snijden op de condities in Groningen. Al snel werd echter duidelijk dat dit niet eenvoudig was. De Eurocode 8 is ontwikkeld door landen met meestal een lange historie op het gebied van de aardbevingen. Voor nieuwbouw is het eenvoudiger om op de Europese regelgeving aan te sluiten dan voor bestaande bouw. Door het overnemen van een aantal basisregels voor het bouwen in seismische gebieden kan tegen beperkte meerkosten seismische resistent gebouwd worden. Voor bestaande bouw ligt dit echter heel anders.

Basisprincipes van het bouwen in seismische gebieden zijn bijvoorbeeld dat wanden en vloeren worden gekoppeld en dat de wanden massief worden uitgevoerd. In Groningen is echter, zoals ook in de rest van Nederland, veel gebruik gemaakt van het stapelbouw-principe waarbij de horizontale krachten die op een gebouw werken (in Nederland hoofdzakelijk veroorzaakt door wind) via wrijving worden doorgegeven en naar de fundering worden afgevoerd. Daarnaast wordt in Nederland al sinds de tweede wereldoorlog met spouwmuren gewerkt, een voor de Nederlands klimatologische condities prima uitgangspunt. In samenhang daarmee zijn er ook relatief grote raam- en deuropeningen voorzien. In een seismisch gebied zal men bij voorkeur zo niet bouwen. Dat leidt er toe dat de weerstand van deze wanden tegen een seismische belasting beperkt is (denk hierbij bijvoorbeeld aan de

doorzonwoningen). In Eurocode 8 (gebouwen in metselwerk) wordt zelfs gesteld dat deze norm slechts geldig is voor gebouwen met metselwerkwanden met een dikte van minimaal 170 mm. Een ander probleem was dat de opbouw van de ondergrond in Groningen nog onvoldoende bekend was. Om de versnelling van het aardoppervlak goed te kunnen bepalen is deze opbouw onontbeerlijk.

Een complicatie is eveneens dat de Groninger aardbevingen door de gaswinning geïnduceerd zijn, en niet tektonisch van aard, veroorzaakt door natuurlijke verschuivingen van de ondergrond. In landen met een natuurlijke seismische dreiging en tegelijkertijd een zwakke economie, zal het door de bevolking voldoende worden geacht als de regering een deel van de begroting toewijst aan het verhogen van de seismische weerstand van de belangrijkste gebouwen. Als de aardbevingen echter door mensenhanden geïnduceerd zijn, zal men eisen dat de leefomstandigheden in het aardbevingsgebied even veilig zijn als in de rest van het land. Dat betekent dat de overheid er naar moet streven dat het individueel risico om het slachtoffer te worden van een aardbeving per jaar niet groter zal zijn dan  $10^{-5}$ . Dit risico is dan gelijk aan het risico dat wordt gehanteerd ten aanzien van verkeer, brand, dijkdoorbraak etc.

Er werd daarom besloten om niet te proberen direct aansluiting te zoeken bij de Eurocodes maar een aanbeveling te maken op nationaal niveau, toegesneden op de situatie in Groningen. Gekozen werd daarom voor het uitbrengen van een NPR (Nederlandse Praktijk Richtlijn) in 2015. De NPR 9998 kreeg als titel "Ontwerp en beoordeling van aardbevingsbestendige gebouwen bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren – Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen".

Door deze opzet werd tevens beoogd de resultaten van onderzoek naar de mechanismen achter de Groninger aardbevingen flexibel te kunnen inzetten, waarbij flexibiliteit staat voor aanpasbaarheid. Flexibiliteit is op nationaal niveau mogelijk maar is aanzienlijk minder indien dit via de Europese regelgeving moet lopen. De NPR 2015 werd daarom gezien als een groeidocument, met de mogelijkheid tot het inbouwen van nieuwe kennis in termijnen. Een mogelijke aansluiting bij de Eurocode 8 op de langere termijn blijft dan een optie.

## De NPR 2015

Een belangrijke knelpunt bij het opzetten van de NPR 2015 was het ontbreken van essentiële kennis ten aanzien van de mogelijke ontwikkeling van de sterkte van de aardbevingen in de tijd. Weliswaar was bekend dat de zwaarste gemeten aardbeving tot 2015 (in 2012) een magnitude had van 3,6 op de schaal van Richter, maar het was niet duidelijk wat dit betekende ten aanzien van de aardbevingsbelasting en de ontwikkeling daarvan in de tijd. De Schaal van Richter is een maat voor de vrijkomende energie ter plaatse van de bron (ten gevolge van lokale verschuivingen op diepte). Metingen van de magnitudes van een aardbeving kunnen worden afgeleid uit metingen die op verschillende plaatsen in de wereld worden uitgevoerd. Deze geven de vrijkomende energie aan de bron, inclusief de diepte en het epicentrum. Voor het bepalen van de seismische belasting aan het aardoppervlak moet echter de maximale versnelling van de grond bekend zijn. Deze versnelling hangt af van de diepte van de verstoring in de ondergrond en de aard van de grondlagen tussen de bron van de aardbeving en het aardoppervlak. In Groningen was weliswaar bekend dat de bevingen te wijten waren aan verschuivingen in een gas-voerende zandsteenlaag met een dikte van 200 m en een diepte van ongeveer 3 km, maar ten aanzien van de rol van de ondergrond in het voortplanten van de beving naar het aardoppervlak was onvoldoende bekend. Bij het ontwerpen van gebouwen op grond van een aardbevingsbelasting wordt uitgegaan van een aardbeving met een zeer lage waarschijnlijkheid van optreden. In voorschriften wordt vaak gewerkt met een aardbeving waarvan verwacht wordt dat die maar eenmaal in 475 jaar optreedt. Extrapoleren vanuit de beperkte verzameling van meetgegevens was niet zinvol. Er waren eenvoudig te weinig gegevens om een betrouwbare voorspelling te doen. Ook het omrekenen van de magnitude op de schaal van Richter naar een de maximaal aan te houden versnelling van de grond op het aardoppervlak gaat gepaard met onzekerheid indien te weinig bekend is van de ondergrond. De piekgrondversnelling hangt sterk af van het van toepassing zijnde aardbevingsmechanisme, dat op dat moment dus niet bekend was. Verder neemt de onzekerheid toe met de lengte van de periode waarover voorspeld moet worden. Ook neemt de toekomstige  $M_{\max}$  af met de eerder vrijgekomen energie. Er was dus veel onzekerheid ten aanzien van het vastleggen van de seismische dreiging voor het ontwerp van nieuwbouw en de evaluatie van bestaande bouw. Deze onzekerheid enerzijds, en de eis dat het individueel risico kleiner moet zijn dan  $10^{-5}$  leidde tot de contourplot voor referentie

piekgrond-versnelling weergegeven in Fig. 1. Om te kunnen ontwerpen moeten de gegevens van Fig. 1 worden gecombineerd met de “opslingerfactor”, die in Fig. 2 wordt afgelezen als functie van de eigenfrequentie van de constructie (waarde  $T[s]$  op de horizontale as in Fig. 2.). Door het ontbreken van belangrijke informatie over de ondergrond werden de figuren 1 en 2 bepaald onder de aanname dat de ondergrond elastisch reageert op een beving. Verder is Fig. 2 afgeleid voor de meest ongunstige situatie die in Groningen zou kunnen optreden en van toepassing verklaard voor de hele provincie. Duidelijk is dat de resultaten van deze figuren daardoor conservatief zijn, maar de mate van conservatisme kon moeilijk worden ingeschat.



Fig. 1. Contourplot van referentiegrondversnellingen

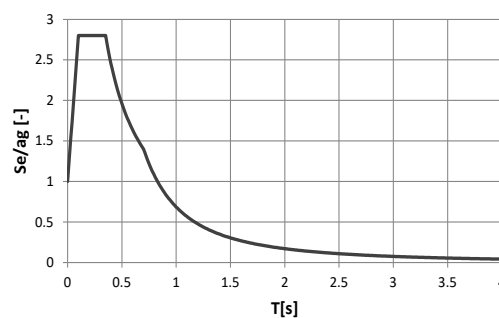


Fig. 2. “Opslingerfactor” als functie van de eigen trillingstijd van de constructie

In de NPR 2015 werden diverse rekenmethoden aanbevolen. De meest eenvoudige methode was de “zijdelingse belastingmethode”. Hierbij wordt de constructie geschematiseerd als een één massa-veer systeem, waarop door de aardbeving een horizontale belasting wordt uitgeoefend. Hiermee kan de constructie op ongeveer dezelfde manier worden behandeld als een constructie blootgesteld aan een windbelasting.

De meest geavanceerde methode is de “niet lineaire tijdsdomein analyse”. Hierbij wordt de constructie, opgedeeld in elementen, blootgesteld aan sets van gesimuleerde aardbevingen, die alle een mogelijk seismisch scenario voorstellen. Op deze manier kan, in principe, het gedrag van een constructie, voor elke willekeurige aardbeving tot in detail worden beschreven. Dit is de meest geavanceerde analyse, waarbij niet alleen van dynamisch gedrag wordt uitgegaan, maar tevens van niet-lineaire respons van materiaal en constructie. Deze methode vereist wel een kalibratie aan representatieve tests op een schudtafel. Een nadeel van deze methode is dat zij zeer veel tijd vergt en duur is. De methode kan dus wel dienen voor het analyseren van het gedrag van een



individuele constructie, maar kan niet echt een oplossing bieden voor een grote hoeveelheid gebouwen met verschillende geometrieën.

Een ander probleem is hoe moet worden omgegaan met “verweking”. Hierbij gaat het om uittreden van water uit de grond door het optreden van een beving. De korreldruk gaat hierbij verloren, waardoor glijvlakken kunnen optreden die tot bezwijken kunnen leiden. Ook hier was de relatieve onbekendheid met betrekking tot de ondergrond een handicap. Daardoor kon verweking op vele plaatsen niet worden uitgesloten.

Bij het gebruik van de NPR2015 bleek er verder ruimte te zitten in de interpretatie van begrippen. Zo werd er met betrekking tot de bepaling van de constructieve veiligheid uitgegaan van de grenstoestand “Near Collapse”. Deze toestand werd als volgt beschreven: “ Het draagvermogen van de constructie is zodanig dat voortschrijdende instorting net niet plaatsvindt, maar waarschijnlijk zal een volgende aardbeving of andere belasting, ongeachte de zwaarte ervan, leiden tot een instorting. Uit een evaluatie van beoordelingen, uitgevoerd door verschillende adviesbureaus, bleek dat constructeurs van verschillende bureaus deze grenstoestand op verschillende wijze interpreteerden. Hierdoor ontstonden significante verschillen in de beoordeling van de constructieve veiligheid. Verder werden door de analyserende ingenieurs verschillende rekenmodellen gehanteerd. Sommige werkten met niet-lineaire tijdsdomein analyses, waarbij de analyses zich niet richtten op specifieke gebouwen maar op prototypes van gebouwen. Andere bureaus gingen uit van push-over analyses, die minder geavanceerd zijn en sneller tot resultaat leiden. Verder speelt ook een rol dat constructeurs geneigd zijn om, in geval van twijfel over de te kiezen uitgangspunten, van een conservatieve aanname uit te gaan om zo weinig mogelijk risico te lopen. Dit is een goede aanpak bij het ontwerpen van een nieuw gebouw, omdat de meerkosten bij een conservatieve aanpak in het algemeen beperkt zijn. Bij het beantwoorden van de vraag of een constructie aan de veiligheidseisen voldoet ligt dit anders. Hierbij kan zelfs een beetje te conservatief rekenen tot grote, onnodige investeringen leiden.

Samenvattend kan gesteld worden dat de NPR 2015 een aantal conservatismen bevat, die voortvloeiden uit het ontbreken van essentiële informatie. Dit leidde er toe dat veel gebouwen, voorlopig, werden gekwalificeerd als onvoldoende veilig.

## 1. De NPR 2018

Uiteraard werd al tijdens het ontwikkelen van de NPR 2015 uitvoerig onderzoek gedaan naar een aantal aspecten waarover te weinig kennis bestond. Een belangrijk onderwerp in dit verband was de afleiding van de maximale versnelling van de ondergrond uit de magnitude op de schaal van Richter. Nieuwe modellen (Ground Motion Models) werden hiertoe ontwikkeld, waarbij vooral de samenstelling van de ondergrond tot 30 m onder het aardoppervlak in de beschouwing werd meegenomen. Dit was mogelijk omdat inmiddels uitgebreid grondonderzoek had plaatsgevonden, waarbij de grondopbouw over heel Groningen in beeld was gebracht. Het inbouwen van het niet-lineaire gedrag van de grond leidde tot de conclusie dat de maximale versnelling van de grond, met een goede wetenschappelijke onderbouwing, aanzienlijk naar beneden kon worden bijgesteld. Dit geldt ook voor de opslingerfactor (Fig. 2). Fig. 3 toont de resultaten van de Ground Motion Models V0(2014) t/m V4(2017). De eerste twee modellen gingen uit van lineair elastische gedrag van de

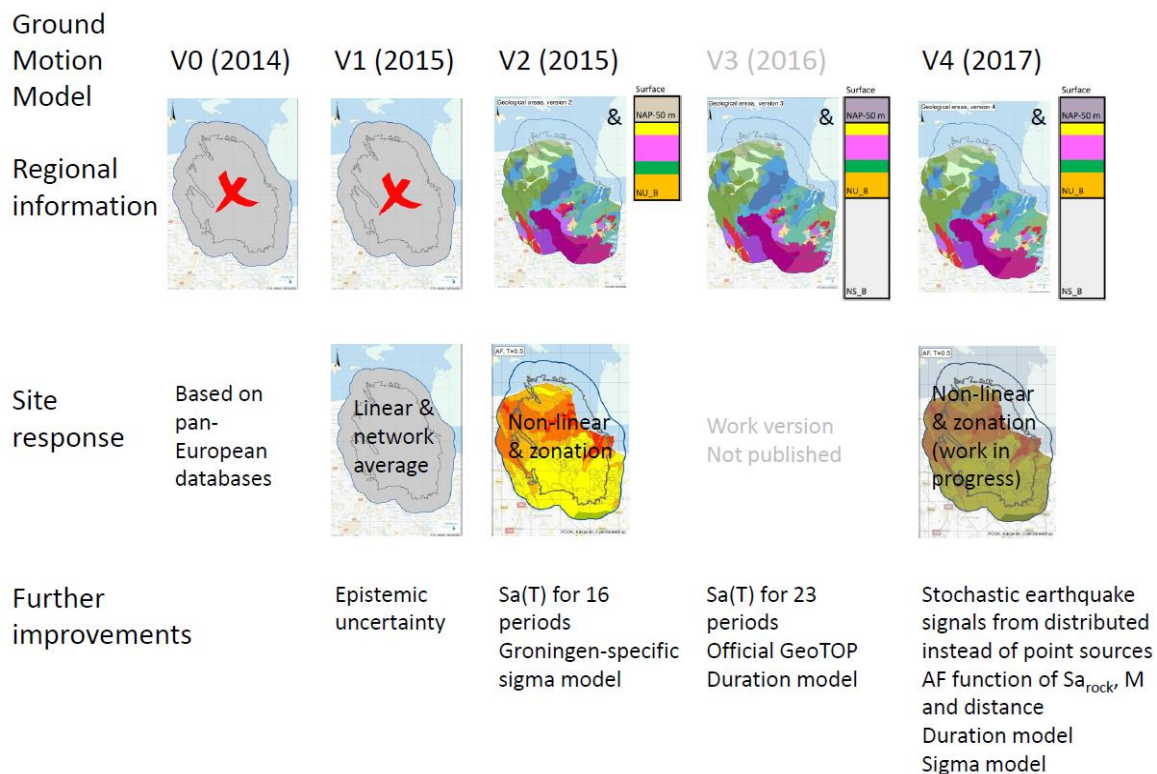


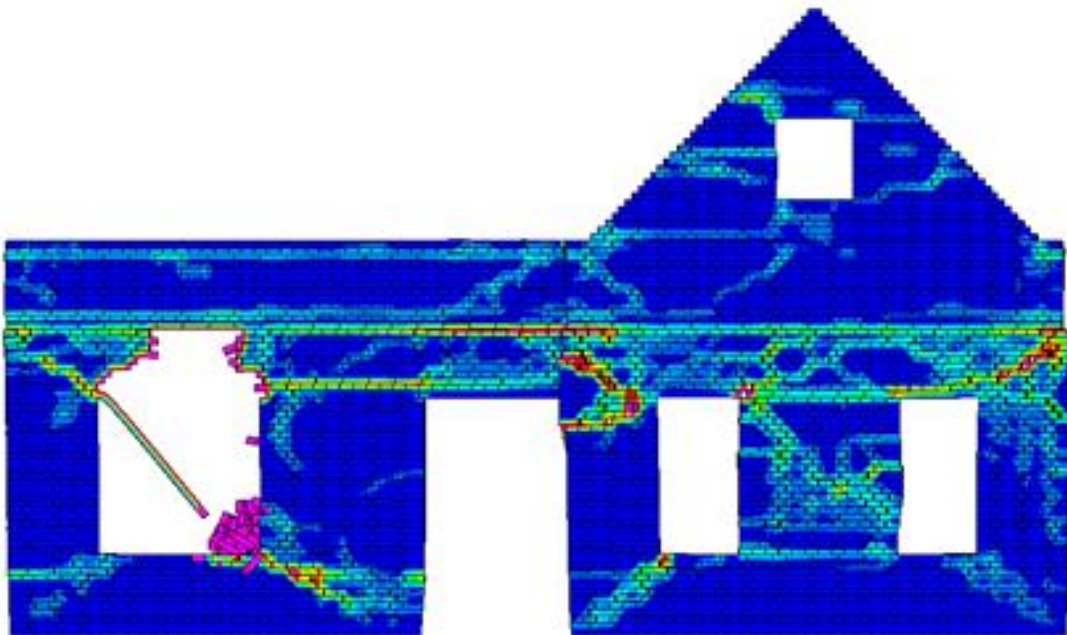
Fig. 3. Ground Motion Models V0(2014) tot V4(2017) en hun achtergrond

grond. Ten gevolge daarvan treedt geen demping van de trillingen op. Bovendien was er nog geen regionale informatie over de grond en moest alle input uit internationale databases worden gehaald. De maximale grondversnelling volgens model V0 (2014) was 0,42g. Model V1 (2015) leidde tot een bijgestelde versie van de maximale grondversnelling tot 0,36g. Een grote stap werd gemaakt met model V4(2017), waarin het niet-lineaire grondgedrag was ingebouwd voor vrijwel elke locatie in Groningen. Hierdoor kon de maximale grondversnelling, verantwoord, worden teruggebracht tot een waarde in de orde van 0,22g-0,20g. Beslist werd om deze gegevens niet op te nemen in de NPR 2018, maar hiervoor een aparte website in te richten (te vinden onder “NPR 9998 webtool”, waarin voor 6035 gridpunten ter plaatse van het Groninger gasveld de seismische belasting kan worden afgelezen. Per 31 december 2018 is een update van de webtool beschikbaar gekomen met, ten opzichte van de voorgaande versie, aangepaste seismische belastingen. Deze zijn bepaald met het Ground Motion Model V5. Daarbij zijn de belastingen onderverdeeld in drie tijdvakken, T1, T2 en T3, die overeenkomen met de jaren 2018-2020, 2020-2023 en 2023-2027. Deze tijdvakken met optredende belastingen zijn gekoppeld aan de afbouw van de gaswinning volgens het basispad voor het gemiddelde winterscenario (zie Kamerbrief over de gaswinning Groningen van 29 maart 2018). Daarmee kan vooruit worden gelopen op ontwikkelingen in de tijd bij een constructieve analyse en kunnen prioriteiten worden bepaald. De piekgrondversnellingen nemen, als voorzien, in de perioden T1, T2, T3 af van 0,25g tot 0.22g en uiteindelijk 0.18g

Ook met betrekking tot de rekenmodellen zijn in de NPR 2018 diverse verbeteringen doorgevoerd. In de eerste plaats had dit betrekking op de verwekingsmodellen voor het grondgedrag. In de NPR 2015 werd voornamelijk bepaald wanneer verweking optreedt. Bij gebrek aan modellen voor het gedrag van grond en gebouwen na het optreden van verweking stond verweking van de grond onder een gebouw vrijwel gelijk aan het niet voldoen aan de criteria van constructieve veiligheid. Door de toegenomen kennis van de ondergrond werd het veel beter mogelijk om aan te geven wanneer verweking werkelijk zal optreden. Inmiddels zijn verbeterde modellen ontwikkeld voor het gedrag van gebouwen (vooral de fundering) nadat verweking is opgetreden. Met deze modellen kan worden aangetoond dat de kans op afkeuren van een gebouw door het effect van verweking veel minder groot is dan in de NPR2015 werd aangenomen.

In Annex F van de NPR 2018 wordt daarnaast uitvoerig ingegaan op de wijze waarop niet-lineaire tijdsdomeinberekeningen moeten worden uitgevoerd. Betere definities zijn gegeven ten aanzien van de grenstoestand Near Collaps, zodat meer eenduidigheid mag worden verwacht ten aanzien van de resultaten van analyses door verschillende bureaus. Verder wordt aandacht gegeven aan de verschillende vormen van demping van de trillingen door de eigenschappen van het gebouw. Ook de interactie tussen grond en constructie wordt behandeld. Daarnaast is veel aandacht geschonken aan de input voor rekenprogramma's, zoals gemiddelde sterkte- en vervormingseigenschappen van metselwerk uit verschillende perioden, van 1945 tot heden.

In Annex G van de NPR 2018 laat zien hoe het gedrag van gebouwen kan worden geanalyseerd door een niet-lineaire statische push-over berekening, Fig. 4. Men onderwerpt hierbij een constructie aan een opgelegde differentiële horizontale verplaatsing, waardoor de bovenzijde ten opzichte van de onderzijde verplaatst. Deze horizontale verschilverplaatsing leidt tot beschadiging van de constructie, waardoor de weerstand tegen het opnemen



*Fig. 4. Ontwikkeling van beschadiging in een metselwerk constructie, onderworpen aan een horizontale verplaatsing*

van horizontale seismische krachten afneemt met toenemende verplaatsing. Anderzijds is ook de spectrale versnelling als functie van de zijdelingse verplaatsing bekend (ADRS curve waar ADRS staat voor Acceleration Displacement Response Spectrum). Door vergelijking van deze grootheden bij

dezelfde zijdelingse verplaatsing kan worden afgeleid of de constructie in staat is de aardbeving te weerstaan. Op deze wijze kan men snel en efficiënt werken. Ervaringen in Italië en Nieuw Zeeland zijn gebruikt om de methode toe te snijden op de situatie in Groningen. In Annex G is ook veel aandacht besteed aan de bezwijkvormen van de penanten, die een belangrijke rol spelen bij het overeind houden van de constructie bij een aardbeving. Het gaat hierbij om het opnemen van een belasting “in het vlak” door schijfwerking. Veel aandacht is ook besteed aan het gevaar van vallende objecten bij een beving en de kans om hierdoor geraakt te worden.

Tenslotte is een instructiegids uitgebracht om met de NPR 2018 optimaal om te gaan (Applicatiedocument Beoordeling Seismische Capaciteit (ABSC, uitgegeven door het CVW, Augustus 29, 2019).

Door enerzijds de gereduceerde seismische belasting, en anderzijds de verbeterde rekenmodellen, is de kans op onterechte afkeuring van gebouwen aanzienlijk afgenomen.

## **2. De huidige verbeterslag: NPR 2020**

Momenteel wordt nog gewerkt aan Ground Motion Model 6. De resultaten hiervan moeten nog worden getoetst aan de door het KNMI uitgevoerde metingen.

Een punt van overweging is hoe kan worden ingespeeld op de afname van de seismische belasting in de tijd (Perioden T1-T3). Als bijvoorbeeld voor een versterkingsoperatie 3 jaar wordt uitgetrokken, kan het project worden afgerond in een periode met een lagere gaswinning en dus lagere seismische belasting.

Het Ministerie van EZK heeft aangegeven (op advies van het Staatstoezicht op de Mijnen dd. 10.10.2019) dat in de huidige situatie bij versterking voorlopig mag worden uitgegaan van seismische belastingen die horen bij periode T2 (2020-2023). Per jaar zal dit opnieuw worden bekeken.

Momenteel wordt door de NEN werkgroep aardbevingen gewerkt aan enkele onderdelen die de NPR 9998 verder kunnen verbeteren. Het uitgangspunt is hier dat de aanvullingen in december 2020 in de NPR verwerkt moeten zijn. Verder worden enkele studies verricht die het efficiënt gebruik van de NPR kunnen ondersteunen. Voor de volgende onderdelen zijn NEN Taakgroepen momenteel actief.

- Actualisatie webtool

Op basis van de meest actuele informatie over de ontwikkeling van de gaswinning, gebruik makend van de het meest geavanceerde Ground Motion Model V6, zal de nieuwe seismische belasting worden bepaald voor de verschillende tijdvakken.

- Uit-het-vlak gedrag van wanden

In Annex H van de NPR 2018 is de bepaling van de seismische weerstand van uit het vlak belaste wanden te conservatief. Bij de bepaling van de weerstand is uitgegaan van een lijnvormige ondersteuning aan de boven- en de onderzijde van de wanden. In werkelijkheid zullen deze wanden niet door twee, maar door drie of vier lijnvormige ondersteuning in hun beweging uit het vlak worden afgeremd. Voor metselwerk spouwmuren is dit vaak bepalend voor de constructieve veiligheid van het gebouw. Het is daarom van groot belang een beter rekenmodel voorhanden te krijgen voor de bepaling van de seismische weerstand van vooral spouwmuren die door een seismische belasting loodrecht op hun vlak worden belast. Dit onderdeel wordt met voorrang behandeld. Er wordt naar gestreefd een wijzigingsblad in de zomer van 2020 uit te brengen. Dit aspect kan een substantiële reducerende invloed hebben op het aantal af te keuren woningen.

- Effect van versterkingsmaatregelen op de constructieve veiligheid.

Door het versterken van wanden wordt de constructieve veiligheid van het betreffende gebouw vergroot. Daarom worden aanvullende voorwaarden voor beoordelingscriteria van gebouwen met versterkte wanden opgesteld.

- Harmonisatie NLPO (Non Linear Push Over) methode

Eerder is aangegeven dat met niet-lineaire push-over analyses op een snelle en relatief eenvoudige manier de seismische weerstand van een gebouw kan worden bepaald. In Annex G van de NPR 2018 wordt hierop ingegaan. De NLPO methode wordt gezien als een methode die een goed compromis biedt tussen de snelheid van analyseren en de betrouwbaarheid van de voorspelling van de seismische weerstand. In veel gevallen zou deze methode een bruikbaar alternatief moeten zijn voor de meer geavanceerde, maar ook meer tijdrovende NLFEM analyses. Men zou dan met de NLPO methode een eerste oriënterende analyse kunnen uitvoeren en, indien de seismische weerstand niet voldoet, de meer geavanceerde niet-lineaire tijdsdomein methode kunnen inzetten. Het is

dus van belang de betrouwbaarheid van de NLPO methode, zo mogelijk, nog verder te verbeteren, en zo de resultaten dichter bij elkaar te brengen. Om de marge tussen NLPO en NLTH (Non Linear Time History) berekeningen te verkleinen worden vergelijkende berekeningen gemaakt voor een aantal gebouwtypen. Hiervoor worden verschillende NLPO en NLTH rekenprogramma's ingezet, zie tabel I. In deze tabel staat "micro" voor een fijne elementenverdeling (mesh) in FEM-programma's en "macro" voor grotere elementen op constructief niveau.

Op deze manier wordt voor een aantal veel voorkomende gebouwtypen vast gesteld wat de marge is tussen de verkregen resultaten. Als deze marge bekend is kan zowel snel als nauwkeurig worden gerekend.

	NLTH	NLPO
micro	LS-DYNA Abaqus DIANA	LS-DYNA DIANA
macro	ETABS	ETABS 3Muri SLaMa excel) SLaMa (GSAT

*Tabel I: numerieke rekenprogramma's waarvan de resultaten met elkaar worden vergeleken (NEN TG1)*

- Vergelijking HRA (Hazard Risk Analysis) en NPR

De NPR gaat uit van semi-probabilistische ontwerp- en analyse methoden. Hierbij worden partiële veiligheidscoëfficiënten ingezet. De meest geavanceerde berekeningsmethode is de vol-probabilistische analyse. Voor een aantal prototypen van gebouwen is met de vol-probabilistische methode de seismische weerstand berekend. Daaruit kwam naar voren dat er nog een marge ligt tussen de resultaten verkregen met deze meest geavanceerde methode en de resultaten verkregen met de NPR die van partiële veiligheidsfactoren gebruik maakt. Voor een aantal prototypen van gebouwen worden daarom vergelijkende analyses gemaakt. Op deze manier wordt nagegaan of de NPR methoden nog kunnen worden aangescherpt.

- Funderingen

Voor paalfunderingen wordt een aanvullende/ nieuwe methodiek ontwikkeld. Dit is nodig omdat uit praktijkervaring met paalfunderingen blijkt dat deze na een aardbeving nog voldoende draagvermogen overhouden.

- Detaillering van nieuwbouwconstructies

Hier wordt ingegaan op optimale detaillering van aardbevingsresistente nieuwbouwconstructies. Mogelijk zal hier onderscheid worden gemaakt tussen gebieden met lage en zeer lage seismische belastingen. Er zal bij het ontwerp niet alleen worden gekeken naar de constructieve veiligheid, maar ook naar minimalisering van schade bij lichte bevingen. Belangrijk is ook de vraag bij welk aardbevingsniveau de constructeur moet gaan toetsen. Aandachtspunten bij het detailleren met het oog op schadebeperking zijn spouwmuren en de schijfwerking van vloeren, met name bij vloeren met houten balken en vloerbeschot.

Van het voorgaand beschreven, door NEN Taakgroepen uitgevoerde onderzoek- en ontwikkelingsprogramma zal een deel direct in een aangepaste versie van de NPR worden opgenomen. De seismische belasting en het elastisch responspectrum zullen op de website worden weergegeven, met de optie deze aan te passen als dit noodzakelijk is. De andere kennis zal worden gebruikt als toelichting en ondersteuning van het gebruik van de NPR. Over de vorm waarin dit zal gebeuren wordt nog gesproken.

Buiten het NEN programma wordt bij TNO een onderzoek uitgevoerd naar het indelen van gebouwen in typologieën. Door het combineren van al deze informatie zou het in principe mogelijk moeten zijn beslissingen omtrent het al of niet versterken van gebouwen, en de wijze waarop, te systematiseren en te versnellen. Bij een willekeurig gebouw zou dat betekenen dat eerst bepaald moet worden onder welke typologie het valt. In combinatie met de locatie, waardoor de seismische belasting bekend is, zou dan onmiddellijk een aanbeveling voor een set versterkingsmethoden kunnen worden gegeven.

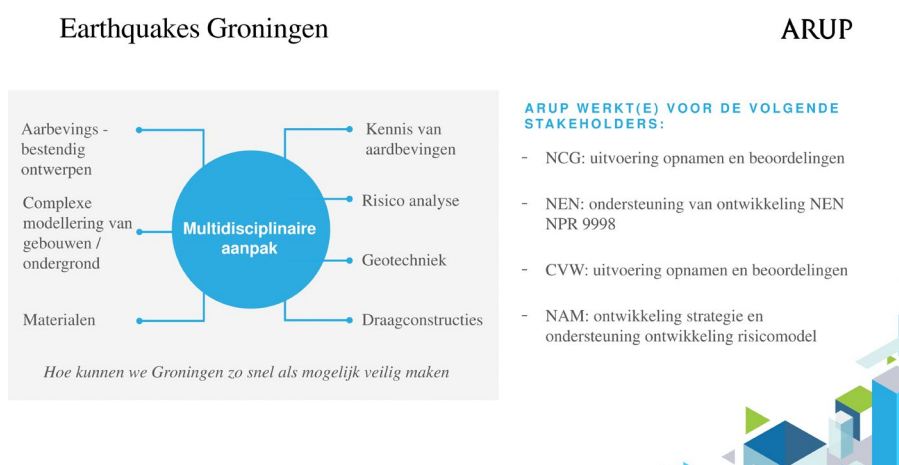
Samenvattend kan worden gesteld dat de NPR vanaf 2015 een aanzienlijke ontwikkeling heeft doorgemaakt. Hierbij speelt het ontwikkelen van de noodzakelijke kennis een grote rol. De aanpassingen van de NPR, zullen eind 2020 tot de definitieve versie van de NPR leiden. Verdere wijzigingen worden daarna niet meer voorzien.



# Aardbevingen Groningen: Diagnose van bestaande gebouwen

Joop Paul

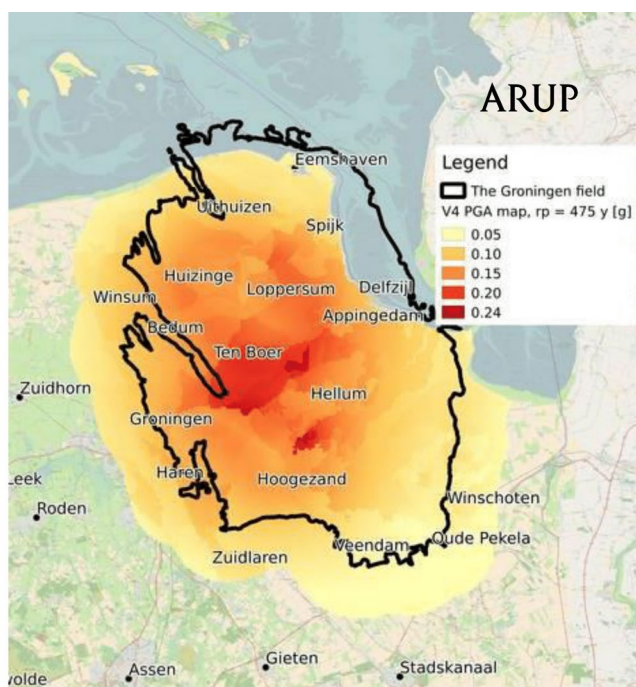
Arup ([www.arup.com](http://www.arup.com)) is een onafhankelijk adviseur en is sinds begin 2013 betrokken bij de aardbevingsproblematiek in Groningen. Arup staat bekend om zijn multidisciplinaire aanpak en kennis van aardbevingen, risicoanalyse, geotechniek, constructies, materialen, complexe modellering van gebouwen/ondergrond en aardbevingsbestendig ontwerpen. Het motto van Arup is: 'We shape a better world', en in Groningen doen we dit door mee te helpen om Groningen – voor de inwoners van Groningen - zo snel als mogelijk veiliger te maken. We doen dit door stakeholders die verantwoordelijk zijn voor het oplossen van het probleem te adviseren en te ondersteunen. In die hoedanigheid werkt/werkte Arup voor de volgende stakeholders:



Het gebouwenbestand is **niet ontworpen voor aardbevingen** en bestaat voor een groot deel uit metselwerk. Dat punt is een belangrijk gegeven. De gebouwen in de Nederlandse context zijn niet ontworpen om aardbevingen te weerstaan en zeer divers. We weten daarom niet goed hoe ze zich onder een aardbeving gedragen en hoe ze stuk gaan bij een aardbeving. Wat we nu wel weten is dat de manier waarop ze stuk gaan en de bezwijkmechanismen die er een rol spelen zeer divers zijn en niet eenvoudig herleiden zijn tot een paar basismechanismen. Voor gebouwen die wel ontworpen zijn om aardbevingen te weerstaan is het voorspellen van het bezwijkmechanisme eenvoudiger. Ze zijn dusdanig ontworpen dat er alleen een paar basis bezwijkmechanismen zijn, die zoveel mogelijk aardbevingsenergie opnemen, maar tevens veel makkelijker te voorspellen zijn. Diagnosemethodieken kunnen voor deze gebouwen eenvoudig zijn omdat men (ongeveer) weet wat je kan verwachten.

## Uitdagingen

- 25.000 tot 30.000 bestaande gebouwen zijn beïnvloed door seismische activiteit als gevolg van gaswinning
- Het gebouwenbestand is **niet ontworpen voor aardbevingen** en bestaat voor een groot deel uit metselwerk.
- Bewoners, gebruikers en eigenaren moeten **zo snel mogelijk** weten of hun gebouw aan de norm voldoet.
- Gebouwen moeten **zo snel mogelijk** op norm worden gebracht.



Het werk van Arup voor NCG en CVW in Groningen is vergelijkbaar met dat van een dokter. Het werk is het stellen van een diagnose voor een patiënt (het gebouw) en het schrijven – als dat nodig is – van behandelplan (het versterkingsadvies).

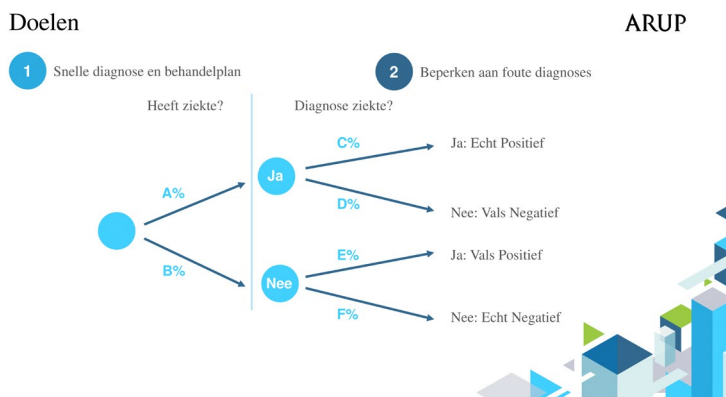
De diagnoseprotocollen (NEN NPR 9998, ABSC en GMC) geven aan hoe de diagnose uitgevoerd kan/moet worden en wat de onderdelen zijn van het behandelplan. De NPR is de Nationale Praktijkrichtlijn ontwikkeld door NEN, de ABSC is de Applicationdocument Beoordeling Seismische Capaciteit, die aangeeft hoe de NPR moet worden toegepast. De GMC is de Groninger Maatregelen Catalogus die standaardoplossingsdetails aangeeft voor versterkingen. De ABSC en GMC zijn ontwikkeld door het CVW en overgenomen door de NCG en zorgen beiden voor standaardisatie van aanpak, rapportages en oplossingen.



Arup werkt aan het begin van de keten, die verder bestaat uit het maken van een meer gedetailleerd plan en de voorbereiding van een behandeling. Daarna volgt de daadwerkelijke behandeling van de patiënt: het versterken van het gebouw. Ons doel is om zo snel als mogelijk te zorgen voor een diagnose en behandelplan, maar ook het beperken van het aantal foute diagnoses.

Om de foute diagnose inzichtelijk te maken gebruik ik een nog even de vergelijking met een patiënt die mogelijk een ziekte onder de leden heeft. In dit voorbeeld heeft de patiënt a% kans op de ziekte en b% kans op geen-ziekte. Of de diagnose ziekte voorspelt hangt af van de diagnosemethodiek. Deze methodieken hebben een verschillende nauwkeurigheid. Voor c% van de zieken voorspelt een diagnose ziekte, een zogenaamde 'echte positief'. Voor d% van de zieken voorspelt de diagnose niet-ziek, een zogenaamde 'valse negatief'. Voor e% van de niet-zieken voorspelt de diagnose ziekte, een 'valse positief'. Voor f% van de niet-zieken voorspelt een diagnose niet-ziek, een zogenaamde 'echte negatief'.

Ons doel is om zoveel mogelijk patiënten zo snel mogelijk te laten weten dat ze niet (meer) ziek zijn, al dan niet na behandeling. In de diagnose willen we de valse positieven (de patiënt is niet-ziek, maar de diagnose voorspelt ziekte) en valse negatieven (de patiënt is ziek, de diagnose voorspelt niet-ziek) zo veel mogelijk beperken. Dit resulteert in een behandeling van alle patiënten die ziek zijn, maar geen onnodige (pijnlijke) behandelingen van patiënten die niet ziek zijn.



Voor het mogelijk zieke gebouw zijn vier parameters die een significante invloed hebben op de diagnose:

- Aardbevingsbelasting, afhankelijk van plek
- Ondergrond, afhankelijk van plek
- Aardbevingsbestendigheid gebouw
- Diagnosemethodiek, met keuze uit alternatieven uit de diagnoseprotocollen

De eerste drie zijn feiten die we niet kunnen veranderen, maar door het kiezen de meest nauwkeurige diagnosemethodiek kan de dokter borg staan voor:

- De behandeling van (bijna) alle zieke patiënten
- Het niet onnodig behandelen van niet-zieke patiënten
- De beste aansluiting van behandeling op ziekte (met zo min mogelijk ongemak)

Afwegingen die dokter moet maken zijn snelheid, kosten en nauwkeurigheid van diagnose en – als nodig – het behandelplan. De dokter kan het beste helpen door het maken van snelle, goedkope en nauwkeurige diagnose en het ontwikkelen van een behandelplan dat zo eenvoudig, snel en goedkoop mogelijk is zonder te veel ongemak voor de patiënt.

In de diagnoses van aardbevingen laat de NEN NPR 9998 vier vaak gebruikte methodieken toe:

- LS: Linear static Analysis
- MR: Model response Analysis
- NLPO: Non-linear Pushover Analysis
- NLTH: Non-linear Time History Analysis

Als illustratie heb ik deze methoden vergeleken met een visuele onderzoek zoals 'een stokje in de mond', een bloeddrukmeting, een bloedanalyse en een MRI-scan, met de bijbehorende vaardigheden van de uitvoerder – huisarts of specialist.

Traditioneel en in relatieve zin kunnen deze methodieken ingedeeld worden langs de volgende assen:

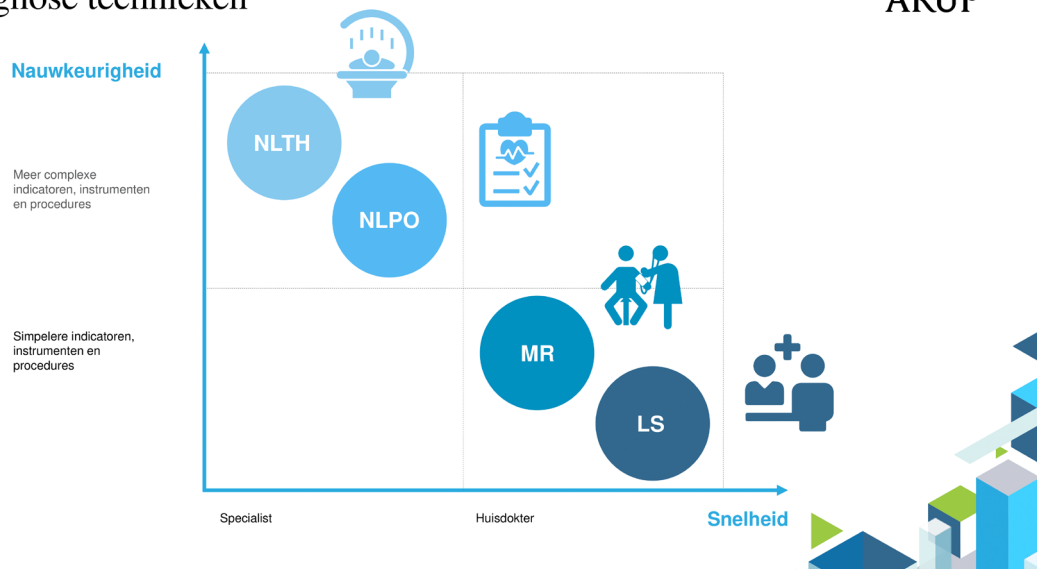
- Van langzamer naar sneller: NLTH, NLPO, MR en LS
- Van onnauwkeuriger tot nauwkeuriger: LS, MR, NLPO en NLTH
- Er wordt dus traditioneel een afweging gemaakt tussen, onnauwkeuriger en sneller of nauwkeuriger en langzamer. Daarover later meer.

Om de kans op een foute diagnose inzichtelijk te maken het volgende voorbeeld. We hebben een populatie van 3417 patiënten met een kans van 50% op de ziekte – de P50.

We hebben nu vier diagnosemethodieken met een andere nauwkeurigheid. Ik heb een inschatting laten maken door drie specialisten binnen Arup voor de waarden c, d, e en f. Als ik andere specialisten een inschatting laat maken zullen de waarden verschillen, maar ik denk dat er over de relatieve waarden overeenstemming bestaat ook buiten de groep van drie.

## Diagnose technieken

ARUP

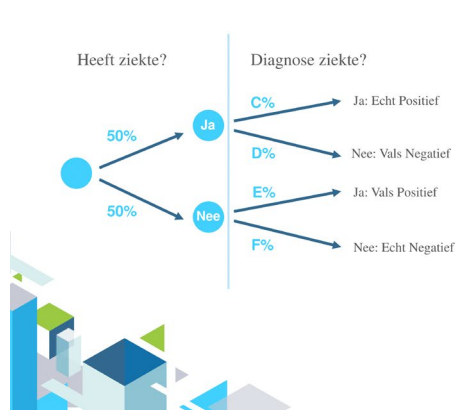


We hebben nu vier diagnosemethodieken met een andere nauwkeurigheid. Ik heb een inschatting laten maken door drie specialisten binnen Arup voor de waarden c, d, e en f. Als ik andere specialisten een inschatting laat maken zullen de waarden verschillen, maar ik denk dat er over de relatieve waarden overeenstemming bestaat ook buiten de groep van drie.

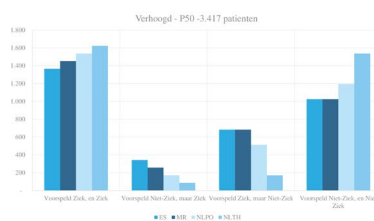
Belangrijk is om te kijken naar e. Als een patiënt niet-ziek is, is een kans van e% dat de diagnose toch aangeeft dat de patiënt ziek is. Als we als voorbeeld de ES-methodiek eruit halen dat is de kans hierop: 50% x 40% een kans van 20% dat een niet-zieke patiënt aangezien wordt als ziek.

## Patientengroep P50

ARUP



	ES	MR	NLPO	NLTH
c	80%	85%	90%	95%
d	20%	15%	10%	5%
e	40%	40%	30%	10%
f	60%	60%	70%	90%



7

Voor de 3417 patiënten wordt het resultaat weergegeven. Duidelijk is dat het aantal goede diagnoses – de twee grafieken aan de buitenkant - (veel) groter is dan het aantal foute diagnoses – de twee grafieken aan de binnenkant. Wat ook duidelijk is, is dat de meest nauwkeurige methodiek de verhouding tussen fout en goed zo klein mogelijk maakt.

Maar laten we nu kijken naar twee andere patiëntengroepen – een met een kans van 10% op ziekte – de P90 - en een met een kans van 5% of ziekte de P95. Stel we hebben patiëntengroepen met een omvang van 13.225 patiënten en 9.630 patiënten.

Op deze slide zijn drie patiëntgroepen te zien en het totaal. Voor de P90 en P95 is nu zichtbaar dat van de zieken die worden voorspeld, voor de onnauwkeurige methodieken, het aantal voorspelde zieken die niet-ziek zijn een veelvoud is van het echte aantal zieken. Voor de meest nauwkeurige methodiek, de NLTH, is die verhouding juist andersom. Het aantal voorspelde zieken die niet-ziek zijn, is in dezelfde orde van grote dan de echte zieken. Niet geweldig goed maar veel beter.

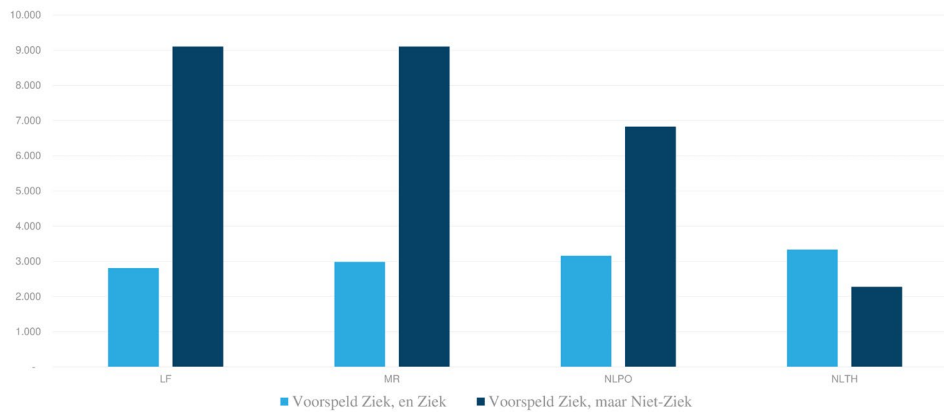
Door het relatief grote aantal van de P90 en de P95 t.o.v. de P50 werkt dit ook door in het totaal.

### Alle patientengroepen P50 – P60 – P95

### ARUP

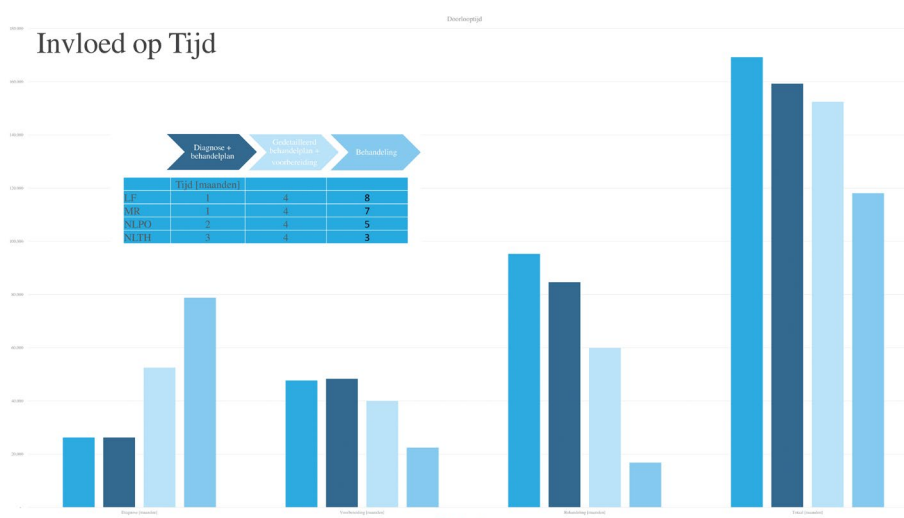


Waarom is dit belangrijk? Voor alle patiënten die een positieve diagnose krijgen, zal een gedetailleerd plan en voorbereiding moeten komen, met daarna de behandeling. Dit kost capaciteit, tijd en geld. Het is daarom van groot belang om het aan dat niet-nodige voorbereidingen en behandelingen te minimaliseren t.o.v. het aantal nodige voorbereidingen en behandelingen. De keuze voor een meer nauwkeurige methodiek ligt voor de hand vooral als er een beperkte capaciteit is voor het maken van gedetailleerde plannen, voorbereidingen en behandelingen.



Als voorbeeld is de invloed op de totale tijd bekeken voor alle 26.272 patiënten. Hiervoor zijn aannamen gemaakt voor de diagnose/behandelplan duur, de gedetailleerd behandelplan/voorbereiding duur en de behandelingsduur in maanden voor de verschillende diagnosemethodieken. De aannamen zijn gemaakt door een aantal Arup specialisten. Hoewel er hier en daar verschillen zijn in de inschatting van de absolute getallen, bestaat er weinig verschil van mening over de relatieve verschillen.

De cumulatieve totale duur is het kortst voor de meest nauwkeurige methodiek. Hoewel, de cumulatieve diagnose duur wel (aanzienlijk) langer is dan voor de meer nauwkeurige aanpak, vindt de kortere cumulatieve totale duur vooral zijn oorsprong in het een lagere aantal patiënten waarvoor een gedetailleerd behandelplan, voorbereiding en behandeling gedaan moet worden. Er is dus een veel lagere capaciteit nodig voor deze twee fasen na de diagnose. Dit zijn de fasen met de grootste (negatieve) impact op de patiënten.





Het bijkomende voordeel is tevens dat met behulp van digitale technologie de nauwkeurige methodieken ook echt sneller gemaakt kunnen worden, terwijl onnauwkeurige methodieken niet nauwkeuriger gemaakt kunnen worden. Hierover gaat de rest van dit artikel.

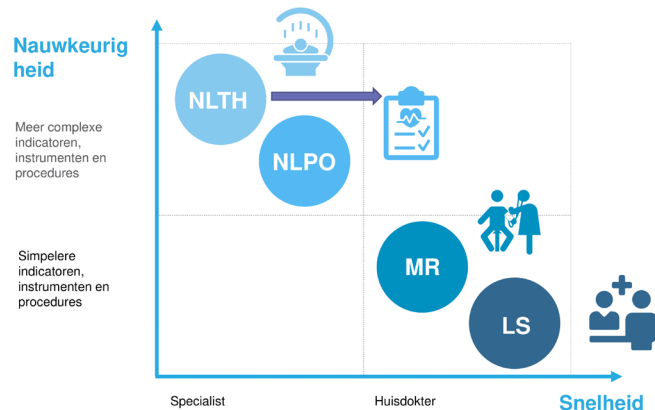
Arup heeft de afgelopen jaren meegewerkt aan de ontwikkeling van snelle en nauwkeurige diagnose en behandelplan, door:

- Diagnose: het versnellen van de meest nauwkeurige methodiek – de NLTH
- Behandelplan: het ontwikkelen van standaardoplossingen (die zijn toegevoegd aan de GMC)

### Observaties en suggesties

ARUP

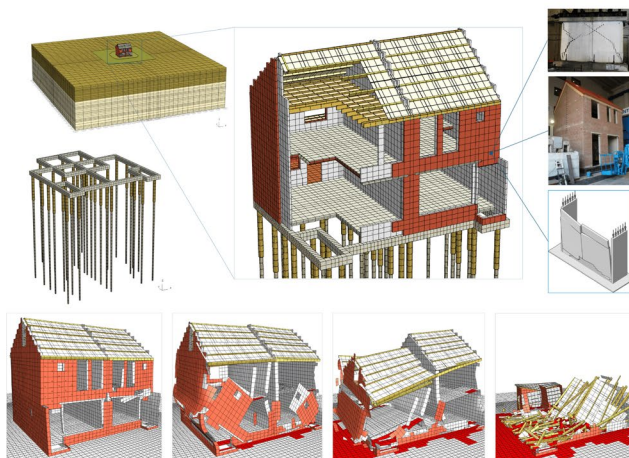
1. Nauwkeurige diagnose is cumulatief sneller en goedkoper
  - a. Geen onnodige nauwkeurige behandelplannen en behandelingen
  - b. Betere aansluiting diagnose en behandeling
2. Diagnose-nauwkeurigheid meest belangrijk bij patienten groepen met kleinere kans op ziekte
3. Nauwkeurigheid van diagnose is minstens even belangrijk als de snelheid van diagnose
4. Beste investering is om meest nauwkeurige diagnose sneller te maken, en niet om minder nauwkeurige diagnose (nog) sneller te maken.



Hierdoor is nu de meest nauwkeurige NLTH-diagnose niet langer een orde grootte duurder of langzamer dan de NLPO.

### Nauwkeurige NLTH analyse

ARUP



1. Nauwkeurige representatie van geometrie gebouw, fundering, constructieve details en opbouwondergrond
2. Nauwkeurige representatie van de aardbevingen in drie richtingen (gelijktijdig) en 11 aardbevingsignalen
3. Zorgvuldig gekalibreerd met testen
4. Nog niet bekende bezwijkmechanismen zijn goed te analyseren omdat de methodiek a-priori niet uitgaat van een beperkt aantal mogelijkheden
5. Interactie van in-het vlak en uit-het-vlak bezwijken en interactie grond/fundering/gebouw zijn meegenomen

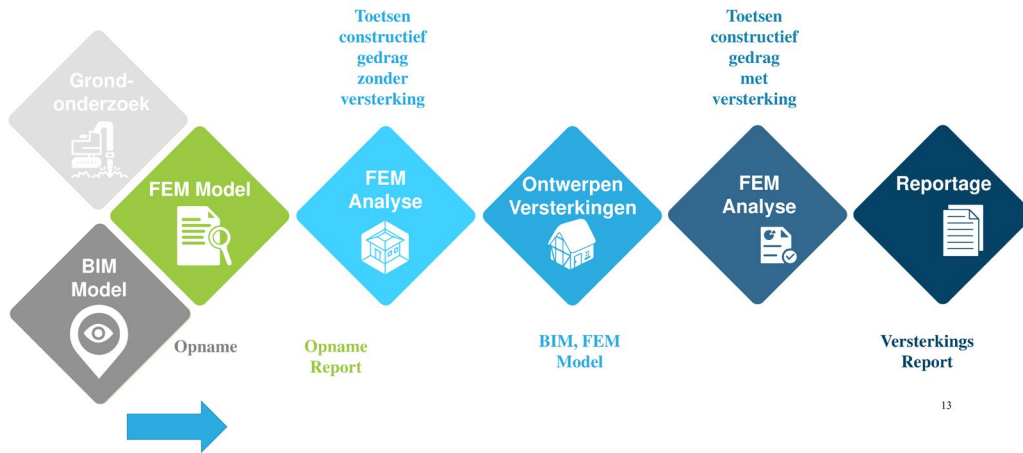


De volgende afbeelding laat de workflow zien van een NLTH-analyse, vanaf het begin – de gebouwininspectie en het verkrijgen van geotechnische parameters- tot het einde – het maken en opleveren van een Versterkingsadvies-rapportage:

1. Verzamelen en rapportage informatie:
  - a. Verzamelen gebouwinformatie
  - b. Gebouw inspectie
  - c. Verzamelen grondinformatie
  - d. Grondonderzoek
  - e. Gebouw inspectierapport
2. Analyse onversterkt
  - a. Maken BIM-model
  - b. Maken FEM NLTH model
  - c. Analyse onversterkt
  - d. Analyse uitkomsten
3. Ontwerpen versterkingsmaatregelen
4. Analyse versterkt
  - a. Aanpassen BIM-model
  - b. Aanpassen FEM NLTH Model
  - c. Analyse versterkt
  - d. Analyse uitkomsten
5. Rapportage
  - a. Analyserapport
  - b. Versterkingsrapport

Aan het begin nam dit proces een lange tijd in beslag, ongeveer zes maanden. De bottlenecks zaten in de doorlooptijd van de diverse activiteiten maar ook in het overdragen van informatie van de ene naar de andere activiteit. Andere bottlenecks zoals de capaciteit van de computer hardware en de fijnheid van de modellen die nodig was om een goede nauwkeurigheid te bereiken waren belangrijke uitdagingen. Alle informatie werd met computerbestanden overgebracht en er waren veel menselijke handelingen nodig om het volgende stapje te doen in de keten. Doordat er veel menselijke handelingen werden gedaan was er ook veel tijd nodig om de informatie op alle overgangen te checken. Ieder rapport wordt vanaf het begin met de hand getypt, in tegenstelling tot de latere automatisering.

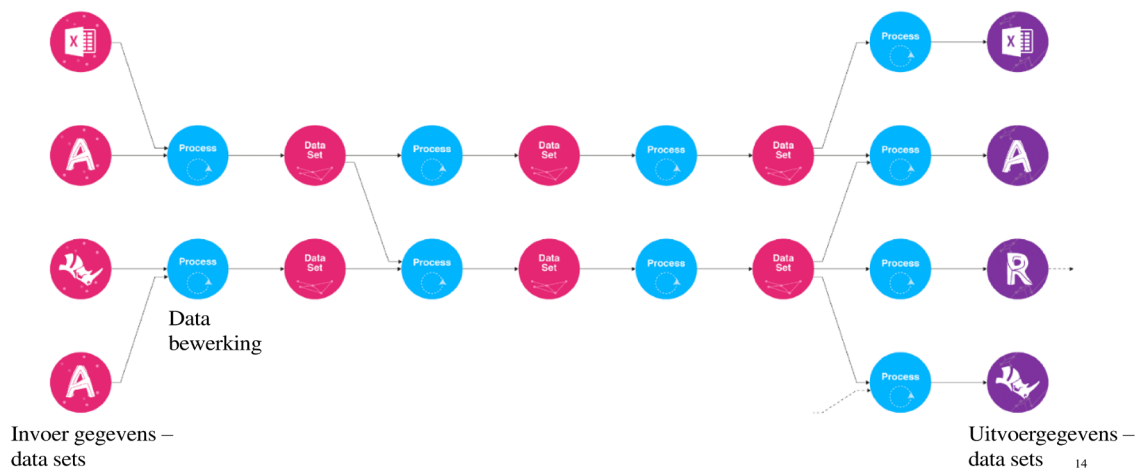
## Traditionele bestandsgebaseerde aanpak



Het proces zag er als volgt uit:

- Links de input files
- Rechts de output files
- Datasets die in file format worden overgedragen van applicatie naar applicatie vaak met handmatige invoer van delen van de informatie

## Traditioneel proces



Het proces is sinds 2015 ingrijpend veranderd op twee manieren:

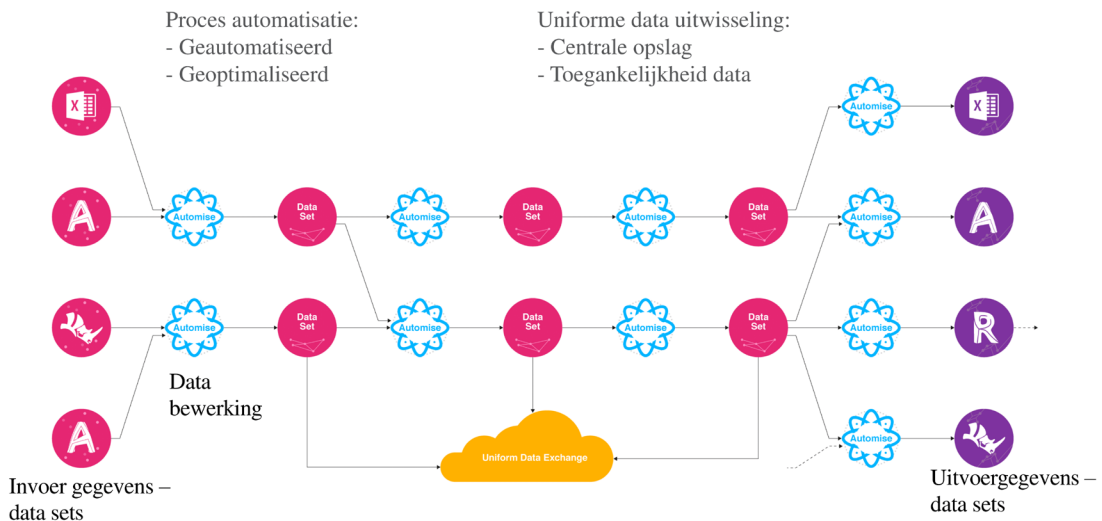
- Het proces is 'geautomized': geautomatiseerd en geoptimaliseerd
- Data uitwisseling vindt plaats vanuit een centrale opslag die voor applicaties via Application Program Interface (API) toegankelijk is.

Hierdoor kunnen de programma onderdelen ‘praten’ met de database (en dit gaat snel en zonder menselijke tussenkomst)

Het ontwikkelen is een zeer tijdrovend en kostbaar proces geweest, waarin de samenwerking nodig was van domein specialisten en digitale specialisten.

Waar we naar streven

ARUP

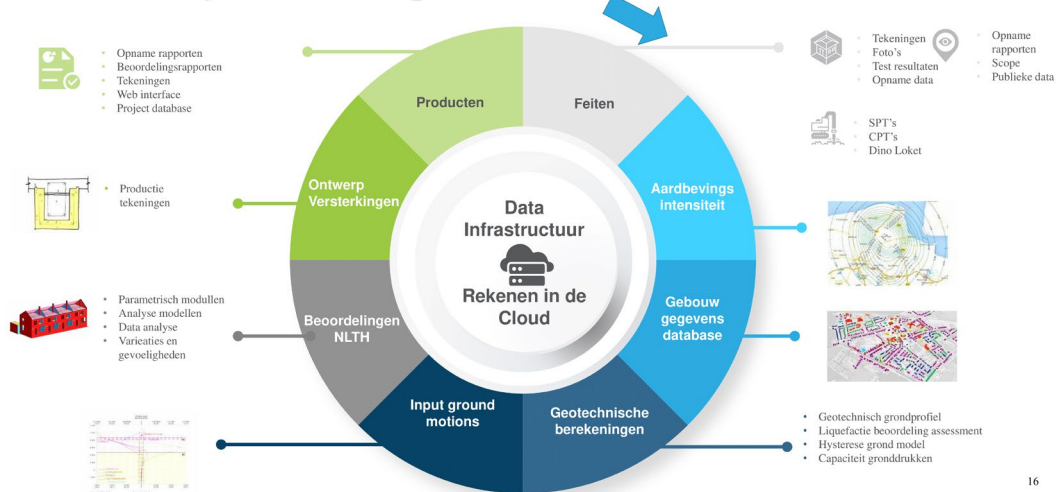


Het resulteerde in de volgende database gebaseerde aanpak, waarin (bijna) alle informatie is opgeslagen in een database van waaruit de applicaties bediend kunnen worden. Uitgaande van een MVP is stapje voor stapje het proces geautomatiseerd – van grof naar fijn. Dit heeft geleid tot verkorting van de doorlooptijden, maar tevens in de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de uitkomsten. Ook kunnen berekeningen in batches en parallel worden uitgevoerd zodat computervermogen niet langer de beperkende factor is. Voor ieder gebouw worden 11 analyses gemaakt die resulteren in grote hoeveelheden data, die dan automatisch worden verwerkt om sneller tot inzichten te komen voor de analisten.

Belangrijkste punt is data uitgewisseld worden door API's en maar een keer wordt ingevoerd en tussenproducten op identieke wijze worden opgeslagen. Rapportages worden ook steeds meer en voor een steeds groter deel automatisch gegenereerd.

Het doel is om de NLTH-diagnose in eenzelfde tijd te doen als een NLPO. Dit is een zeer realistisch doel, dat met de juiste investeringen (relatief snel) bereikt kan worden.

## Database gebaseerde aanpak

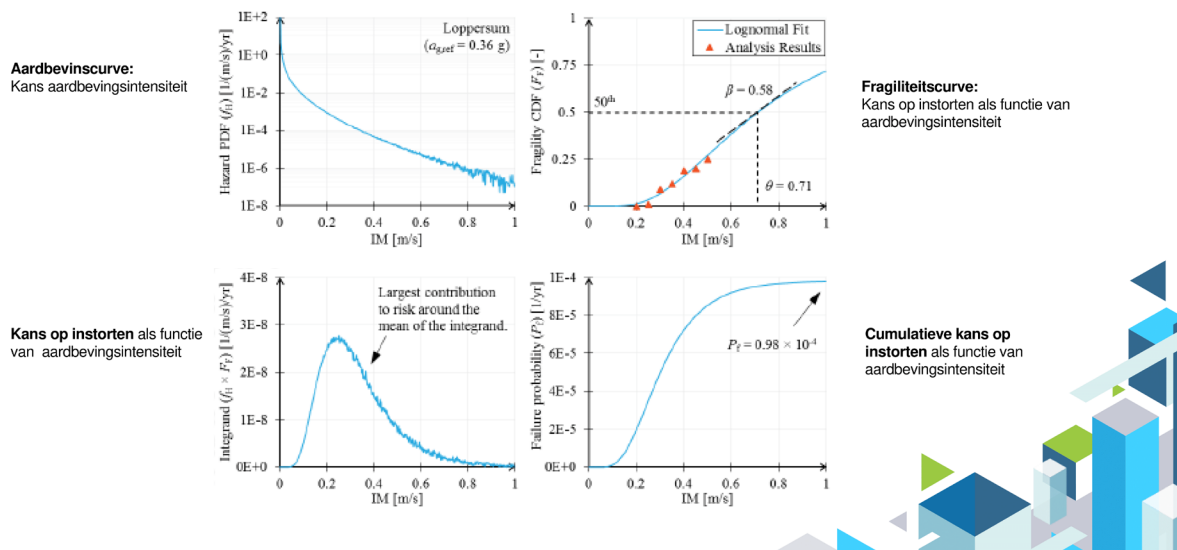


16

We kunnen echter nog verder gaan. Met de ontwikkelde 'machine' is het mogelijk om snel vele berekeningen te maken. Dit heeft een probabilistische aanpak voor ieder apart gebouw mogelijk gemaakt.

Door het maken van vele berekeningen waarin de sterkte parameters en de aardbevingsbelastingsparameters random binnen een bepaalde spreiding worden gevarieerd. Hierdoor kan er een fragiliteitscurve ontwikkeld worden (rechtsboven) die de kans op instorten van een gebouw weergeeft als functie van de aardbevingsintensiteit. Doordat op een specifieke plek de kans op een specifieke aardbevingsintensiteit bekend (linksboven), kan op basis van beiden curven de kans op instorting worden bepaald als functie van de aardbevingsintensiteit (links onder). Op basis hiervan kan de cumulatieve kans op instorting worden berekend (voor alle aardbevingsintensiteiten). Dan kan op basis van het type gebouw, de kans op overlijden worden berekend, die dan natuurlijk lager moet zijn dan  $10^{-5}$ . Voordeel dat met deze berekening de verwachte spreiding heel specifiek meegenomen kan worden. Dit is belangrijk omdat de spreidingen van gebouw per gebouw kunnen verschillen (bv materiaalverschillen en verschillen in ouderdom). De nauwkeurigheid van de berekening neemt hierdoor significant toe.

Bij fragiliteitsanalyse moet natuurlijk rekening worden gehouden met alle bronnen van variabiliteit en onzekerheid die van toepassing zijn op de modellen. Met het NLTH-model konden we rechtstreeks rekening houden met deze variabiliteit door de eigenschappen van materialen en structurele details te variëren van analyse tot analyse.



We varieerden een breed scala aan eigenschappen, van metselmateriaaleigenschappen tot de soorten palen, tot de wrijving op verbindingen tussen houten balken en de muren. We varieerden de mate van mortelvulling in de metselwerkwanden en de mate van in elkaar grijpende bakstenen op de hoeken van het gebouw. Grondbewegingen werden genomen uit een verzameling van 100 gevaar-consistente bewegingen, geconditioneerd op twee waarden van spectrale versnelling.

Behandeling van variatie

**SUPERSTRUCTURE PARAMETERS:**

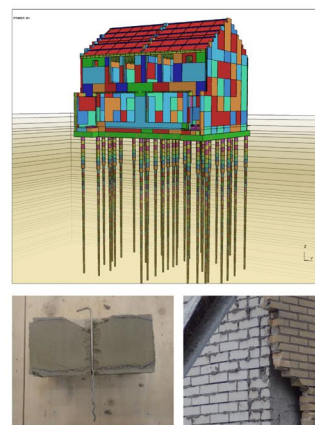
- Masonry properties:  
 $E, \rho, \nu, f_c, G, d_{fail}, \dots$   
 $\dots$ , mortar fill, interlock.
- Concrete floor properties:  
 $\%A, ft$
- Timber properties  
 $E, f$
- Nail properties:  
 $E, f_s, \epsilon_{fail}$
- Wall tie properties:  
 $E, f_t, f_c, d_{fail,t}, d_{fail,c}$

**GROUND MOTIONS:**

- 100 hazard consistent motions
- Conditioned on  $S_a(0.5 \text{ s})$

**SUBSTRUCTURE PARAMETERS:**

- Piles  
Pile type,
- Timber properties  
 $E, f, f_t, f_c, \dots$
- Soil profiles:  
10 options
- Soil-pile interactions:  
Multiple parameters



Er wordt ook rekening gehouden met ruimtelijke variatie van eigenschappen, wat betekent dat verschillende regio's van het model verschillende eigenschappen kunnen hebben. Daarom zie je dat het model dit patchworkpatroon heeft, waarbij dit patroon ook varieert.

We hadden in totaal 100 variabelen om te verwerken - en kozen voor latin hypercube-steekproeven om de eigenschappen voor elke realisatie van het model te bepalen.

Ik zal de methode niet uitleggen, maar ik zal alleen zeggen dat het een efficiënte steekproef van de waarschijnlijkheidsruimte opleverde en dat het aantal analyses dat we moesten doen geen functie was van het aantal van onze variabelen. We hoefden niet elke mogelijke combinatie te modelleren.

We waren in staat om zowel continue als discreet gedistribueerde parameters op te nemen, en ook de onderlinge correlaties af te handelen om ervoor te zorgen dat we niet met niet-fysieke combinaties eindigden

Met een beetje testen konden we vaststellen dat 300 runs voldoende waren om ons een stabiele fragiliteitsfunctie te geven.

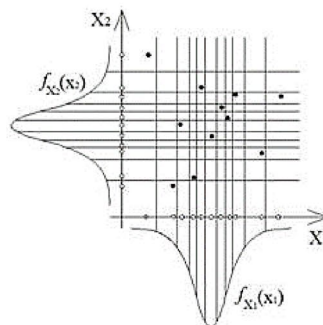
## Behandeling van variatie

### Latin Hypercube Sampling

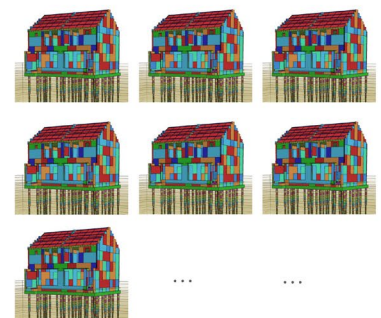
- ~100 variables total
- Latin hypercube sampling
- Probability space sampled efficiently
- Number of runs not dependent on number of variables
- Continuous and discretely distributed variables
- Correlation between parameters
- 300 runs found to be sufficient for stable fragility



X61 VARIABLES



300 ANALYSIS REALISATIONS

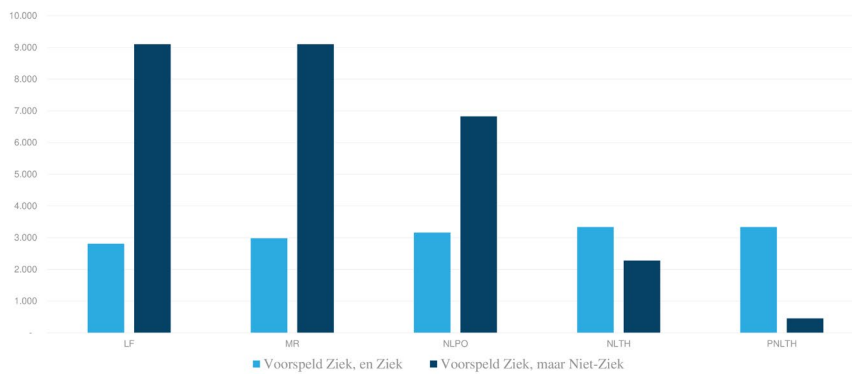


ARUP

Door de PNLTH-methode is met mogelijk het aantal niet nodige behandelingen nog verder te verminderen.

## Invloed op aantal nodige en niet nodige behandelingen

ARUP



Wanneer is de meest nauwkeurige diagnose wenselijk? Eigenlijk altijd als de er genoeg diagnose capaciteit aanwezig is. Helaas is dit niet het geval. De diagnose capaciteit van alle methodieken is beperkt met name voor de NLTH en PNLTH omdat dit specifieke kennis en kunde voor nodig is. Prioritering van patiënten groepen die een NLTH of PNLTH-diagnose krijgen is daarom van belang. Geadviseerd wordt daarom deze toe te passen voor patiënten:

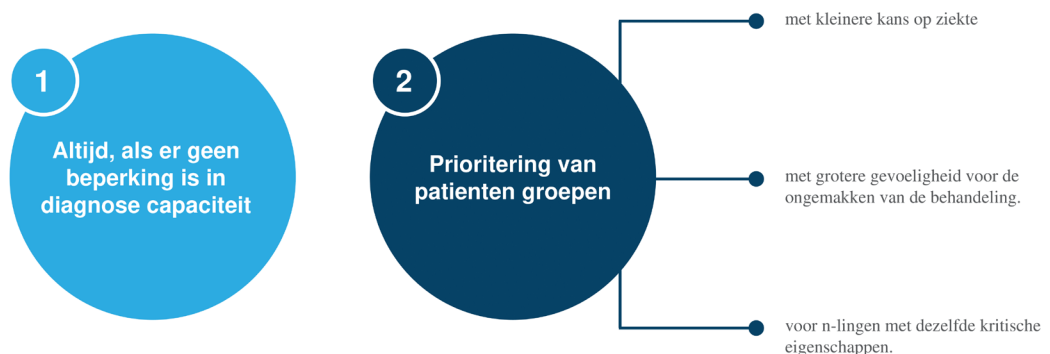
1. Met kleinere kans op ziekte
2. Met grotere gevoeligheid voor de ongemakken van de behandeling
3. Voor n-lingen met dezelfde kritische eigenschappen

Voor de Groninger situatie is dit dus voor:

1. Gebouwen uit de P90 – “Licht verhoogd risico en de P95” – “Normaal risico”
2. Monumenten en speciale gebouwen
3. Gebouwen die precies hetzelfde zijn en vaak voorkomen

## Wanneer nauwkeurige analyse?

ARUP



De meest belangrijke conclusies uit dit artikel zijn:

1. Nauwkeurigheid van diagnose is minstens even belangrijk als de snelheid:
  - a. Geen onnodige nauwkeurige behandelplannen en behandelingen
  - b. Betere aansluiting diagnose en behandeling
2. Beste investering is om meest nauwkeurige diagnose sneller te maken, en niet om minder nauwkeurige diagnose (nog) sneller te maken
3. De volgende generatie meest nauwkeurige diagnose (PNLTH) is gereed.

Conclusies

ARUP



Dit is vooral belangrijk omdat de context van de diagnose opgave aan het veranderen is:

- Voor de meest zieke patiënten met “verhoogd risico” is de diagnose gesteld; patiënten die nu binnen komen hebben een “licht verhoogd risico”.
- De kracht van de ziekteveroorzakers neemt af, waardoor de kans op zieke (verder) afneemt.

De focus van de dokter gaat daarom veranderen van een focus op meer ingrijpende behandelingen naar een focus op lichtere of geen behandeling, hetgeen fijn is voor de patiënten en hun omgeving.



# Wat kunnen we leren van de successen van de Nieuwbouwregeling van afgelopen 6 jaar?

Julia Finkielstzajn

De NAM Nieuwbouwregeling ontstond als onderdeel van het bestuursakkoord van 2013: 'Herstel van vertrouwen, vertrouwen op herstel', midden in de vorige woningbouwcrisis. Doelstelling van de Nieuwbouwregeling is een bijdrage leveren aan het voorkomen dat er stagnatie in de bouw van aardbevingsbestendigere nieuwbouw plaats vindt in de periode van de onzekerheden over de normen. Doordat er aardbevingsbestendig gebouwd kan worden, wordt de lange termijn toekomst van de regio positief beïnvloed.

Doelen van de regeling worden gerealiseerd door:

- Technische en financiële ondersteuning te bieden aan opdrachtgevers die aardbevingsbestendig t.o.v. bouwbesluit willen bouwen;
- Kennisontwikkeling en kennisdeling: leidraden ontwikkelen, presentaties tijdens beurzen en congressen.

In overleg met de vertegenwoordigers van de provincie, gemeentes en het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, heb ik in 2014 de NAM Nieuwbouwregeling opgezet. Vanaf dat moment heb ik de afgelopen zes jaar leidinggegeven aan deze tijdelijke regeling. Deze regeling loopt nog tot 30 juni 2020, voor het gebied waar de Nederlandse Praktijk Richtlijn 9998 (NPR) van toepassing is. Tegenwoordig wordt de regeling samen met National Coördinator Groningen uitgevoerd.

Deze regeling is niet van toepassing binnen de versterkingsoperatie. Het uitvoeren van sloop-nieuwbouw gebeurt direct via Nationaal Coördinator Groningen.

Afgelopen jaren heb ik leiding gegeven aan een team van zeer betrokken, kundige en integere collega's. Samen met adviseurs en deskundigen heb ik publicaties geschreven over slimme en integrale manieren van ontwerpen, zodat de opdrachtgevers van nieuwbouw in duidelijke taal uitleg kregen over de alternatieven binnen aardbevingsbestendig bouwen. In het kader van kennisdeling heb ik vele lezingen en workshops over aardbevingsbestendig bouwen gegeven.

Tot nu toe zijn er 6.500 woningen versterkt ontworpen en door NAM vrijblijvend begeleid. Daarnaast is er 200.000 m<sup>2</sup> utiliteitsbouw versterkt gebouwd, wat komt neer op ca. 30 gebouwen zoals scholen, gemeentehuizen, brandweerkazernes. Samen met onafhankelijke adviseurs is er door de NAM ca. €200 mln. toegekend als bijdrage om extra maatregelen te bekostigen. 5.000 woningen zijn reeds opgeleverd, 1.000 zijn in uitvoering en de rest wacht op realisatie. <sup>1</sup> Het versterken conform NPR betekent dat de gebouwen de maximale beving, zoals door de NPR omschreven, kunnen weerstaan zonder in te storten. Het ontstaan van de schade wordt hiermee niet voorkomen. Hiermee lopen de mensen geen additionele risico's door de onveilige gebouwen. Het toepassen van de NPR is vrijblijvend en de norm is niet bindend.

Het is niet altijd makkelijk geweest. Mijn team heeft afgelopen jaren te maken gehad met het gebrek aan kennis over aardbevingsbestendig bouwen. Het was veelal pionieren op het vlak van integraal ontwerpen met de NPR en Bouwbesluit. Dat nieuwe manier van bouwen betekende innovaties en onderzoek. Ik heb een drietal rondes van nieuwbouw innovatieregeling mogen leiden, tussen 2015 en 2017. Daar zijn een groot aantal innovaties uit gekomen met 625.000 euro aan bijdrages toegekend door de onafhankelijke jury. Een aantal van de ideeën is in praktijk gebracht in 2018 en 2019 binnen de woningbouwprojecten. Helaas, wanneer de NPR verandert is de validatie van ideeën lastig, omdat dit vrij lange trajecten zijn. In deze periode was er ook extreme conjunctuur. Eerst een diepe woningbouw crisis en daarna een verhitte woningmarkt. Tevens hebben we te maken gehad met hardnekkige fabels rondom aardbeving bestendig bouwen.



*Fig.1: Nieuwbouw 28 aardbevingsbestendigere woningen aan de Klaas Bosstraat in Appingedam, Woongroep Marenland. Foto: Julia Finkielsztajn*

---

<sup>1</sup> Bijdrage van de NAM voor de realisatie van het Forum in Groningen is niet in de genoemde bijdrage ingegrepen. Voor actuele Feiten en Cijfers zie <https://www.nam.nl/feiten-en-cijfers/pilot-nieuwbouwregeling.html>

Deze tijdelijke regeling loopt langer dan ooit gedacht. De regeling is meerdere malen op verzoek van de Minister verlengt bij gebrek aan betere publieke alternatieven. De tevredenheid van meeste aanvragers speelde mee in dit besluit. Kun je in een geval van deze regeling spreken van een succes? Ik hoor sommige mensen al denken: “Dat kan toch niet kloppen? Ik heb tot nu toe bijna allemaal negatieve verhalen gehoord? Bijvoorbeeld dat er heleboel projecten niet mee zouden mogen doen? Over ontevreden opdrachtgevers?”. Gelukkig spreken de feiten voor zich: Circa 80% van de nieuwbouwprojecten die afgelopen 5 jaar opgeleverd zijn, zijn deel van de behandeling door regeling geweest. Tot slot, het gemiddelde tevredenheidscijfer dat de deelnemers aan de regeling en haar behandeling geven is een dikke 8. En hoe lang is dat al zo? Dat is de afgelopen 3 jaar zo geweest. Ik ga niet langer door met voorbeelden noemen. Ik denk dat in de context van afgelopen jaren de vraag of de regeling succesvol was met “Ja” kan beantwoorden.

Deze lezing bestaat uit 5 delen. Eerst gaan we kijken naar de redenen waarom deze regeling succesvol is. Daarna zoomen we in op de rol van de aanvragers in het proces. Later sta ik stil bij de ontwikkeling en inzichten rondom NPR. Tot slot nog een aantal simpele adviezen over het aardbevingsbestendig maken. Waarom is deze tijdelijke regeling een succes? Allereerst over de opzet van de regeling.

Er zijn vele managementboeken die je adviseren met het ‘Waarom’ te starten. In het geval van deze regeling, wanneer we terugkeren naar 2014, is het begonnen met het Waarom. Het probleem dat de regeling moest oplossen was duidelijk. Het probleem dat men voor zich zag had twee dimensies: een lange- en korte termijn. Dat aardbevingen een negatief effect hebben op de regio Groningen is duidelijk. Ook voor NAM.

Langetermijn imagoschade voor de regio kon een bedreiging vormen voor de leefbaarheid van de omgeving. Deze imagoschade had te maken met het beeld dat je in de regio altijd veel duurder uit bent als je nieuwbouw bouwt. Dat kon de krimp versterken en dat wilde NAM en de partners: de gemeentes, provincie en het Rijk voorkomen.

Het kortetermijnprobleem had te maken met de conjunctuur. De regeling moest ten tijde van het dieptepunt van de woningbouwcrisis zorgen dat de plannen, die toen al ontwikkeld waren, niet zouden stagneren door een gebrek aan kennis of middelen om aardbevingsbestendig te bouwen. Het doel dat men met de regeling wou bereiken was duidelijk. Het doel was om te investeren in

kennisontwikkeling en kennisdeling zodat er op lange termijn geen significante meerkosten voor aardbevingsbestendig bouwen zouden zijn. Dat kon door basiskennis te ontwikkelen, door innovaties te ontwikkelen en door inventief te bouwen. De criteria hoe je het doel haalt, waren over de jaren steeds duidelijker geworden.

In het begin waren er weinig criteria. Een belangrijke was: 'creativiteit belonen'. Dat betekende dat een van de uitgangspunten van de regeling werd: als men slimmer kan ontwerpen dan het gemiddelde, mag hij/ zij het geld houden en vrij besteden. Een ander criterium was om steeds meer van maatwerk naar overzichtelijke percentages te gaan. Een snelle en transparante manier van werken. En misschien het belangrijkste criterium: de oplossing aan de aanvragers overlaten.

### **De rol van de Aanvragers**

Dit gedeelte van mijn lezing gaat over moed, ambacht, doorzettingsvermogen, dromen en ambitie. Ik begin met een anekdote. In het kader van bewijs dat het gebouw is opgeleverd, vragen we foto's van de bouw op. Dat doen we omdat we geen actief toezicht voeren.



*Fig.2: Buitenmuur Merckt Groningen. Foto: Julia Finkielsztajn.*

Onze ervaring is dat de opdrachtgevers zelf zeer gemotiveerd zijn om te zorgen dat alle maatregelen correct zijn aangebracht. Vanuit vertrouwen hierin hebben we geen toezicht als zodanig ingericht. Wat staat er op mijn foto's? Men zou denken: bouwelementen, beton, wapening? Ja, dat klopt. Wat staat nog meer op deze foto's? Lachende vrouwen in de cabine van een graafmachine die naar ons zwaaien. Kinderen die handafdrukken maken in de fundering. Groepen

mensen bij koopprojecten die met schoppen de eerste handeling officieel verrichten. Ballonnen. Linten. Lach. Wie gelooft dat mijn team kerstkaarten, taart of bloemen van de aanvragers kreeg? Dat is allemaal gebeurd. Welke rol spelen de aanvragers in de regeling? Hoe zou ik, als ik terug kijk, ze kunnen omschrijven? Ze zijn moedig, innovatief, doorzetters, kritisch op een opbouwende manier; en ze zijn stuk voor stuk ondernemend.

We hebben ambachtelijke aannemers gezien, die innoveren en op zoek gaan naar nieuwe manieren van werken en daar geld in steken. De aanvragers hebben deze regeling tot succes gemaakt. Ze hebben hun tijd, kennis en energie ingestoken om er iets moois van te maken. Daar ben ik altijd trots en dankbaar voor geweest.



*Fig.3: Fabriek voor HSB elementen van VDM Woningbouw in Drogeham. Foto: Geert de Wrede.*

Wat heeft NAM hier procesmatig aan gedaan? We hebben ruimte gegeven om:

- Volledige zeggenschap over eigen ontwerpproces bij de opdrachtgever te laten;
- Diverse overlegmogelijkheden: vrijblijvende kosteloze adviezen, mogelijkheden tot kennisdeling met externe adviseurs en tussentijdse overleggen ingebouwd in het proces;
- Elkaars inspanning serieus genomen, ook wanneer de oplossing achteraf niet optimaal was.

Het gaat om het waarderen dat er moeite gedaan wordt en begrijpen dat zonder de aanvragers de doelen van de regeling niet gehaald kunnen worden.

### **Omgaan met nieuwe inzichten.**

Nieuwbouwregeling werkt met nieuwe inzichten. Hierdoor kunnen de aanvragers hun vastgoed aan de laatste versie van de norm laten voldoen, met de wetenschap dat ze voldoende in veiligheid investeren. Bijkomende voordeel is dat ze ook weten wanneer ze niets meer hoeven te doen.

In mei 2014 kwam de eerste versie van het Interim-Advies uit. De inzichten dateren op dat moment van 2013. Daarna is in 2015 de NPR verschenen en deze is een paar keer geactualiseerd. Uit ervaring bleek dat de markt zo'n zes maanden nodig heeft om de nieuwe versie van de norm te gaan gebruiken. Ondanks deze overgangperiode leveren de updates lagere aardbevingsbelastingen en andere maatregelen op. De onderstaande compilatie laat de ontwikkeling van de risicokaarten zien.

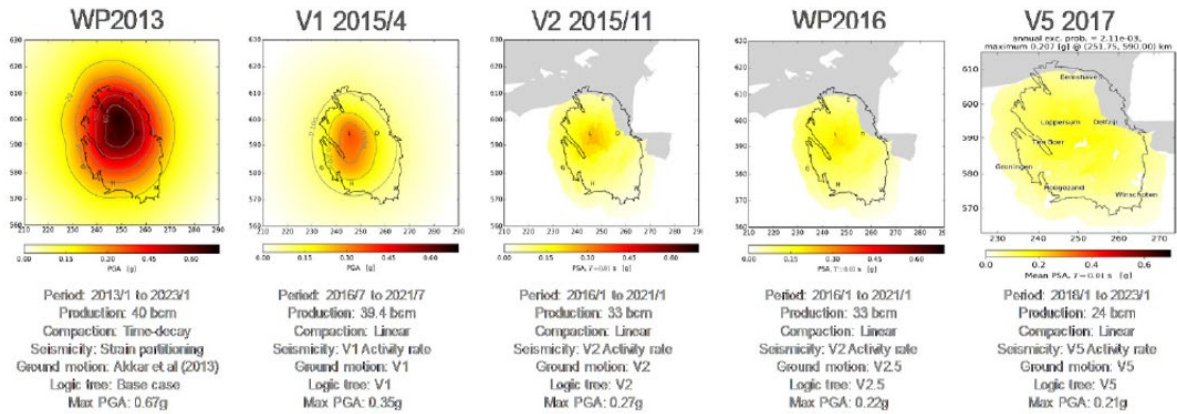


Fig. 4. Verschillende Hazard kaarten voor de periodes tussen 2013 en 2017

De risicokaarten, geprojecteerd op Groninger Veld, laten de relatie tussen de periode, aanname met betrekking tot de hoogte van de gasproductie en de maximale de piekgrond versnelling (pga) zien. Het is aan de kleur rood te zien dat de risico op zware bevingen minder wordt over de jaren heen. De huidige NPR 2018 werkt met de ground motion model V5 van 2017. Daarin is het verlagen van de gasproductie zoals we afgelopen twee en half jaar hebben gezien en het sluiten van Groninger veld nog niet in meegenomen. Onderstaande vergelijking maakt de verschillen duidelijk.

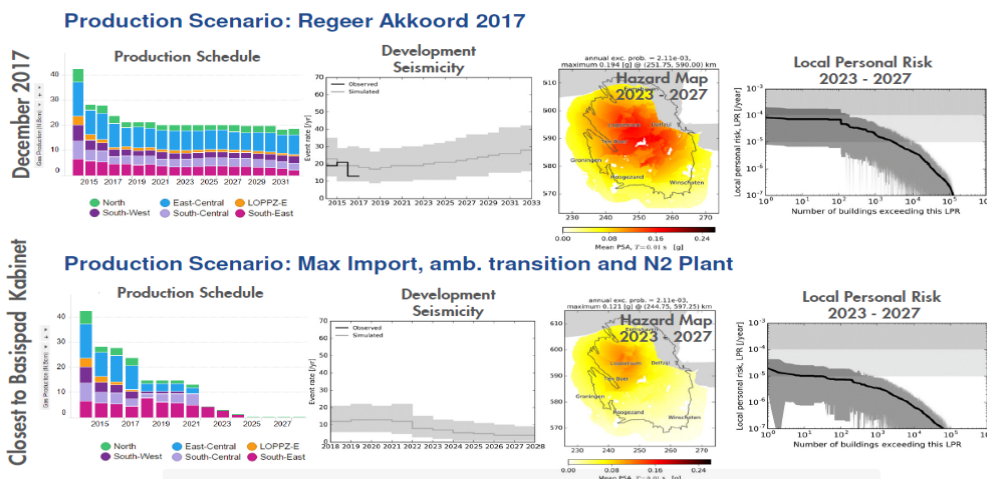


Fig.5: Relaties tussen gasproductie, seismische activiteit, hazard maps en risico's 2017 en 2027

Voor degenen die niet dagelijks met de norm werken een paar aanwijzingen. Onder de piekgrond versnelling (pga) van 0,05g is de beschouwing vanuit NPR niet meer nodig. Ook al lijken de optredende krachten hoog, dan nog is de kans op het optreden van zulke belastingen in dit gebied te verwaarlozen. In het gebied waar pga lager is dan 0,1g, worden geen materiaalspecifieke eisen en geen detailleringeisen meer gesteld. Dat betekent dat als de constructie de krachten kan opnemen, het conform Bouwbesluit ontworpen mag worden.<sup>2</sup>

Deze onderstaande tabel is illustratief bedoeld. Brongegevens met betrekking tot kaarten en pga's komen van: <http://seismischekrachten.nen.nl/ers.php> en vorige versies van NPR, herhalingsjijd 475, locatiebepaling is gebaseerd op indicatie 'centrum van de genoemde plaats'. De schatting van de optredende krachten is gebaseerd op een voorbeeld van een woning in een 'zwaar, gemetseld' bouwsysteem. De berekening is uitgevoerd door Zonneveld Ingenieurs elke keer na de verschijning van de nieuwe versie van de NPR.

Vrijblijvende richtlijnen	Groningen	Bedum	Loppersum
Interim Advies 2014	0,22g	0,30g	0,42g
NPR 2015	0,10g	0,19g	0,36g
NPR 2017	0,09g	0,13g	0,19g
NPR 2018 (t1)	0,04g	0,09g	0,13g
reductie grondversnelling NPR 2015 vs 2018 *	60%	53%	64%
reductie optredende krachten **	48%	51%	62%

Tabel 1. Ontwikkeling piek grondversnelling over afgelopen jaren inclusief indicatie van de reductie van optredende aardbevingsbelasting.

Hieronder vindt u de weergave van de kaarten komende periode, tijdvak T2 2020-2022 en tijdvak T3 2023-2027 van de actuele NPR. Bron <http://seismischekrachten.nen.nl/ers.php>, voor 475 jaar.

Belangrijk om te vermelden: niet alleen de piekgrondversnelling (g) is over de tijd veranderd. De NPR is inhoudelijk ook veranderd, denk aan diverse factoren t.b.v. de berekening en de toegestane berekeningsmethodes zelf.

<sup>2</sup> NEN-NPR9998 November 2018 - 3.2.1 Basisgrondversnellingen

Indien de piekgrondversnelling agS op maaiveldniveau (inclusief de bodemfactor), bepaald volgens de NPR 9998-webtool voor een herhalingsjijd van 475 jaar, kleiner is dan 0,05 g of wanneer de NPR 9998-webtool geen waarden oplevert, dan behoeft geen beoordeling op aardbevingsbelastingen plaats te vinden ('zeer lage seismiciteit').



2020-2022

2023-2027

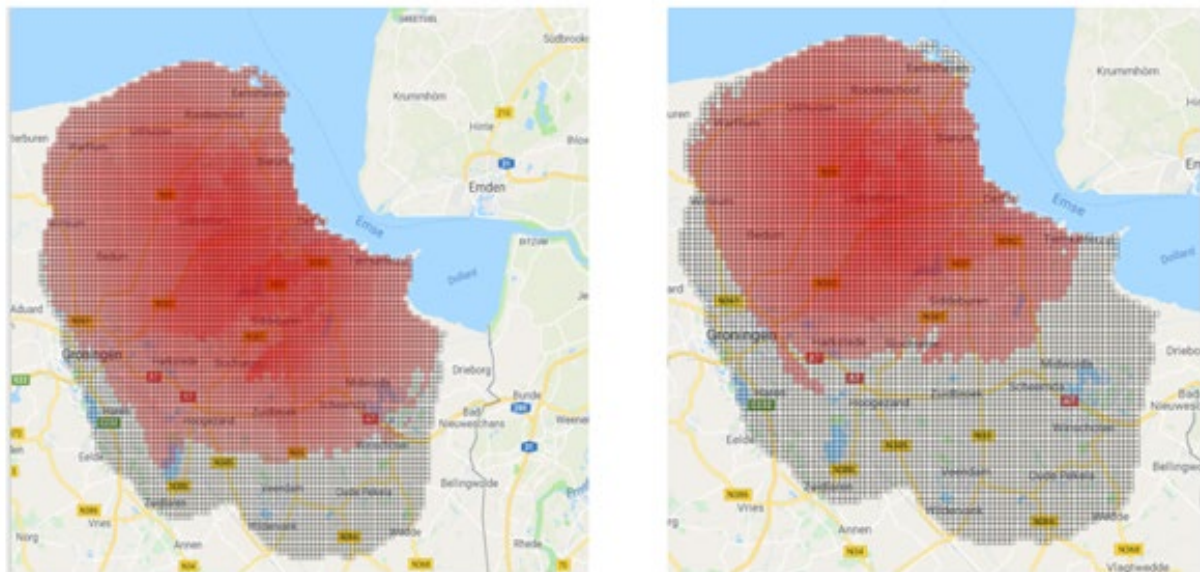


Fig.6: Grafische weergave van seismische dreigingskaart T2 en T3 behorend bij NPR 2018

De kennis over de ondergrond en diverse metingen o.b.v. sensoren zijn door NEN commissie vertaald in een nieuwe set richtlijnen.

### **Nadruk op ontwerpprincipes**

Toepassing van de principes van aardbevingsbestendig ontwerpen zijn in de NPR opgenomen en de afgelopen jaren niet veranderd. Er zijn negen principes, echter de onderstaande vijf hebben het meeste effect op nieuwbouw. Deze principes zijn als volgt:

- Reductie van massa van een gebouw.
- Regelmatig in beide richtingen.
- Regelmaat in hoogte.
- Robuustheid.
- Gebruik van materialen die kunnen vervormen.

De opdrachtgevers die succesvol de NPR hebben toegepast, hebben meestal 3 tot 4 uit deze principes in hun ontwerp gebruikt. Dat maakt hun ontwerp toekomstbestendig. Voor meer informatie hierover verwijst ik de lezer naar publicaties 'Het slimme bouwen<sup>3</sup>' of naar de NPR zelf.

<sup>3</sup> Het Slimme bouwen (2016) J. Finkielsztajn, R. van Berkel, R. Baas





*Fig.7: Opening Sportcentrum Europapark van de gemeente Groningen. Foto: Erik Siemer.*

### **Aardbevingsbestendig bouwen in 3 stappen.**

We zijn op het einde van dit artikel gekomen. Nu krijgt u drie adviezen over aardbevingsbestendig bouwen.

1. Neem altijd de laatste versie van de NPR 9998 en ontwerp integraal, vanaf het begin met deze additionele set van eisen. Bekijk goed wat wel en niet nodig is. Pas geen regels toe die niet noodzakelijk zijn. Vraag je adviseurs naar de vertaalslag tussen krachten en maatregelen. Daar zit de crux.
2. Denk goed over je eigen wensen na. De opdrachtgevers hoeven niet in te leveren op het ontwerpen met de NPR. Zoek naar gelijkwaardige oplossingen als de standaardoplossingen niet voldoende ruimte bieden.
3. Wees scherp op alternatieven tijdens de uitvoering. Te veel maatregelen toepassen is even slecht als te weinig. De toegepaste alternatieven dienen gelijkwaardig te zijn aan de oorspronkelijke oplossing.

### **Slotwoord**

In mijn optiek ligt de reden waarom deze regeling succesvol is, in de opzet van de regeling. Het doel van de regeling en het probleem dat opgelost werd, waren duidelijk. De regeling paste steeds de nieuwste inzichten toe en veranderde regels met de tijd mee. De rol die de aanvragers hebben gehad in de regeling was cruciaal voor succes. Door hun moed, doorzettingsvermogen en inventiviteit zijn prachtige oplossingen ontstaan. NAM heeft, binnen het proces, mogelijk

gemaakt dat inspanningen van alle betrokkenen serieus genomen werden. Hiermee bedoel ik de vele overlegmogelijkheden, vrijblijvende technische adviezen, maatwerk oplossingen en nadruk op vaste percentages.

Slim ontwerpen werd beloond doordat men het geld kon houden als het ontwerp slimmer dan gemiddeld uitviel. Daarom bleven de meerkosten over de jaren juist dalen. Door de markt is efficiency en ervaring van eerdere projecten meegenomen in de nieuwe projecten. Tot slot lag de focus op de ontwerpprincipes and niet op de hoogte van de aardbevingsbelasting of pga's. Hierdoor zijn er in basis steeds ontwerpen gekomen, die beter bestendig zijn tegen bevingen.

Voor mij persoonlijk was dit een verrijkende ervaring om aan zo veel prachtige projecten in de regio te mogen werken en dat gun ik iedereen. Samen hebben we Groningen mooier gemaakt!

## **Naschrift**

Vandaag de dag is het gebied waar aardbevingsbestendige nieuwbouw nodig is, significant kleiner dan in 2015. Dat komt vooral door de nieuwe inzichten over type ondergrond en het ontstaan van de bevingen. Afgelopen jaren is er ook minder gas gewonnen in de regio. Op korte termijn zal NAM Groninger veld insluiten. Op dit moment is positief effect van het verminderen van de gasproductie en het sluiten van het veld nog niet meegenomen in de risicokaarten van de NPR.

Naast het kleinere gebied, is ook de aardbevingsbelasting met ca. 60% afgenomen t.o.v. NPR 2015. Binnen dat kleinere gebied is door de NEN-commissie verder nader onderscheid gemaakt. Onder de zogenaamde grondversnelling van 0,1g zijn geen speciale materiaal- specifieke of detailleringsregels nodig. De oplossingen conform Bouwbesluit volstaan. Dat is goed nieuws voor de regio.

# **Mythes en onwaarheden in het Groningse aardbevingsprobleem - Een nieuwe aanpak voor seismische versterking**

**Ihsan Engin Bal**

## **1. Inleiding**

Sinds 2017 geef ik leiding aan een onderzoeksgroep voor aardbevingsbestendige constructies aan de Hanzehogeschool Groningen. Kort na mijn aankomst in Groningen heb ik een oratieboekje (Bal, 2018) gemaakt over wat ik "mythen en misvattingen" noemde in het aardbevingsprobleem van de regio Groningen. Als persoon die zich in zijn hele werkzame leven met aardbevingen heeft beziggehouden, was ik "negatief" onder de indruk van het feit dat de technische aspecten van de discussie uit de hand liepen en de kennis die ik als internationale aardbevingsdeskundigheid kende, nogal wat weerstand opriep van een aantal van de binnenlandse "deskundigen". Nu, na 3 jaar, zie ik dat veel van de onderwerpen die ik in 2018 in mijn oratieboekje onder de aandacht heb gebracht, eindelijk op de juiste manier worden besproken, hoewel er veel kostbare tijd is verspild.

Na veel discussies, second opinions, third opinions, contra-expertises, nieuwe instellingen, nog nieuwere instellingen, veel projectcoördinatie en weinig projectuitvoering, kwamen we uiteindelijk uit bij de hoofdvraag: seismische versterking. Wat voor onderzoek we ook doen, vanuit de veiligheid bij aardbevingen wordt gematerialiseerd hoe onze gebouwde omgeving reageert op de aardbevingen, en in het bijzonder hoe onze woonhuizen omgaan met de aardbevingsbewegingen. Als de huizen waarin we wonen niet worden verbeterd, wordt de rest van het onderzoek simpelweg irrelevant voor een bewoner.

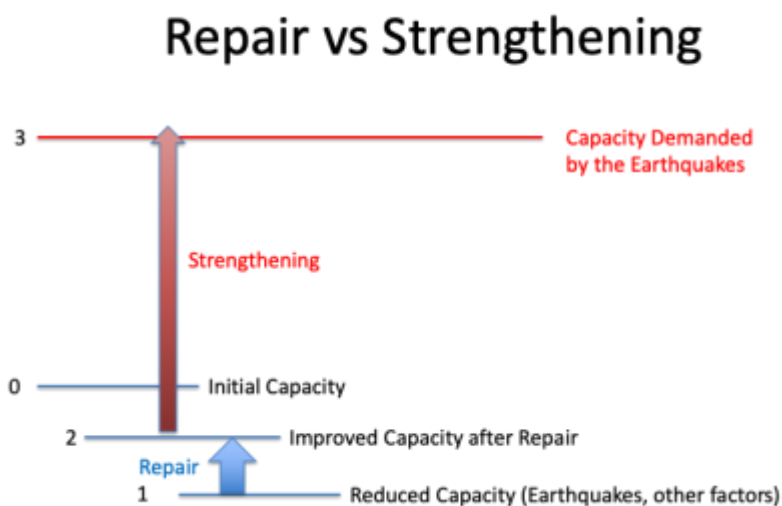
## **2. Definities**

Om de hele discussie te begrijpen, moeten we het eerst eens worden over de terminologie. Ik vat hier enkele belangrijke termen samen die nuttig zijn om de nieuwe aanpak die ik aan het einde van dit document zal voorstellen, beter uit te leggen.

## Seismische versterking

Seismische versterking is een constructieproces dat de constructie beter bestand maakt tegen de verwachte aardbevingen. Gebouwen hebben vaak versterking nodig omdat ze volgens een oude en minder veeleisende regelgeving zijn gebouwd, of omdat het doel van het gebruik nu anders is, of omdat er sprake kan zijn van verouderingseffecten of aardbevingschade, waardoor de aanvankelijke capaciteit afneemt. In ieder geval is de versterking een proces dat de bestaande sterkte van het gebouw neemt en het naar boven verplaatst, boven de aanvankelijke capaciteit, en ook boven of gelijk aan de capaciteit die door de aardbevingsregulering wordt geëist. Een grafische voorstelling is weergegeven in figuur 1.

Bij het aanbrengen van een seismische versterking op een gebouw moet de ingenieur zich strikt houden aan de regelgeving in dat land. Deze voorschriften zijn ofwel seismische codes (met kracht van wet) ofwel richtlijnen die de bevoegdheid krijgen om de seismische veiligheid van gebouwen te reguleren.



Figuur 1. Reparatie versus versterking

## Seismische vraag vs. seismische capaciteit

De seismische capaciteit van een draagconstructie wordt bereikt door de seismische vraag te vergelijken met de seismische capaciteit. De seismische vraag naar een draagconstructie is een combinatie van het seismische gevaar in die regio met de dynamische eigenschappen van de betreffende constructie. Met andere woorden, de seismische vraag kan zeer verschillend zijn in twee draagconstructies die naast elkaar liggen.

Het seismisch vermogen is het vermogen van de draagconstructie om de seismische belastingen op te vangen. Dit vermogen kan bijvoorbeeld nodig zijn

in sterkte of in vervormingsvermogen. Een succesvolle draagconstructie die zich goed gedraagt tijdens een aardbeving moet het resultaat zijn van een ontwerp dat een evenwichtige combinatie is van stijfheid, sterkte en vervormingscapaciteit.

### **Seismische codes en richtlijnen**

Er zijn twee manieren om de seismische veiligheid van gebouwen in een land te reguleren: codes en richtlijnen. Europese landen werken met codes, terwijl richtlijnen in de VS gebruikelijker zijn. Het verschil is dat een code een wet is omdat deze vaak verbonden is met een bouwrecht en de technische toepassingsdetails van die wet beschrijft. Codes worden ondertekend en goedgekeurd door de overheid of het kabinet of door het gelijkwaardige orgaan dat vertrouwt op de wet die de seismische veiligheid van huizen garandeert.

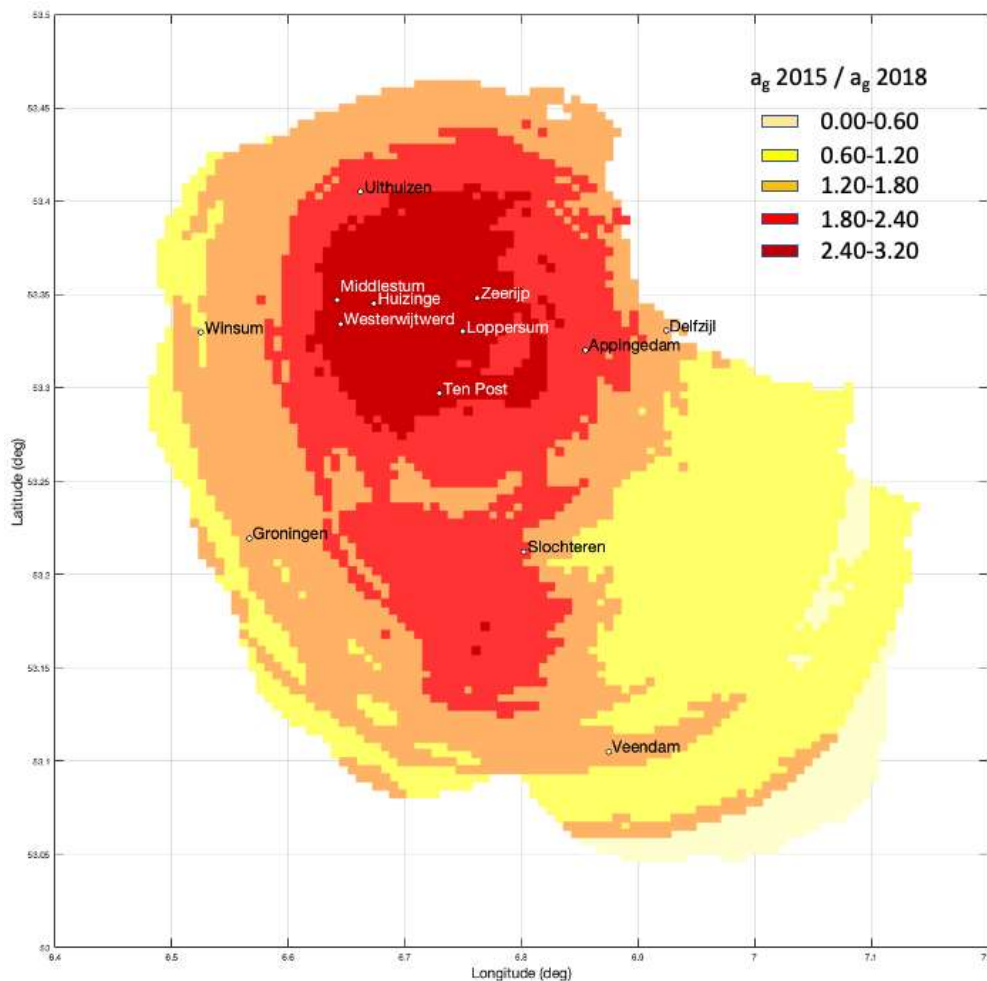
Richtlijnen zijn "adviserende" documenten, maar de autoriteiten kunnen deze documenten dwingend opleggen zodat ze in de praktijk strikt moeten worden gevolgd. Zo is NPR 9998 een richtlijn. De seismische regelgeving in Europese landen is als code in werking, zoals bijvoorbeeld de Eurocode 8, zoals de naam ook al aangeeft. Ik ben geen expert op het gebied van wetgeving en ken de exacte verschillen niet, maar het komt erop neer dat de ingenieurs in beide gevallen aan deze voorschriften moeten voldoen.

### **Seismische gevarenkaarten**

In het geval van seismische regelgeving is de seismische gevarenkaart een belangrijk onderdeel. De code of de richtlijn beschrijft de berekeningsmethoden voor het bepalen van de seismische capaciteit van een gebouw, maar de seismische vraag is een regionale parameter en kan in de tijd variëren. Daarom blijft de code of de richtlijn constant, maar kan de gevarenkaart veranderen. Als gevolg hiervan kan de gehele seismische input (seismische vraag) voor een huis van de ene op de andere dag veranderen, hoewel de seismische code hetzelfde blijft. Zo heeft het Ministerie EZK eind 2019 besloten om bij de seismische berekeningen over te gaan van de T1-productieperiode naar de T2-productieperiode. Hoewel de NPR-regeling niet is gewijzigd, is de seismische vraag in het hart van de aardbevingszone met 15% gedaald. In de praktijk zal een huis dat een nacht voor de verandering werd geëvalueerd en een ander huis dat op de dag van deze verandering evalueerde 15% verschil in seismische vraag hebben, hoewel er geen andere parameter is veranderd.

Een opvallend cijfer voor het effect van het seismisch gevaar komt naar boven wanneer het gevaarniveau van 2015 wordt vergeleken met het gevaarniveau van 2018. We hebben voor de NCG een studie gedaan voor de evaluatie van

het ingenieurswerk aan de 1581-batch (Bal et al., 2020). In die studie hebben we de kaart in figuur 2 gemaakt. In die figuur kun je zien dat het niveau van het seismisch gevaar van 2015 tot 2018 tot 3,20 keer (320%) is gedaald.



*Figuur 2. Verandering in het seismisch gevaar (piekgrondversnelling) van 2015 tot 2018 versie van de NPR, rekening houdend met de T1-productieperiode (d.w.z. 3,20 betekent dat het gevaarniveau 3,20 keer is gedaald van 2015 tot 2018)*

Men kan verwachten dat de versterkingsoperaties, het type en het aantal versterkingen totaal verschillend zouden zijn wanneer men deze twee kaarten in overweging neemt. Met andere woorden, een huis dat in 2015 een zeer agressieve versterking nodig heeft, kan met een lichte versterking in 2018 worden gered. Seismische gevaar kaarten veranderen vaak in seismisch actieve landen, maar deze verandering is gemiddeld genomen vaak opwaarts en niet zo scherp.

### Seismische "Veiligheid"

Er is een misvatting over de seismische veiligheid. Hoewel het misschien vreemd klinkt, is een versterkt huis niet gelijk aan een seismisch veilig huis. De ingenieursbureaus die VA's (VersterkingsAdvies) voorbereiden, beloven geen

seismische veiligheid en kunnen dat ook niet doen. Zij kunnen alleen "voldoen" of "niet voldoen" aan een bepaalde seismische regelgeving beloven. Dit komt in de eerste plaats omdat de seismische veiligheid (d.w.z. de garantie om niet te overlijden in of rond een gebouw als gevolg van een zware aardbeving) afhankelijk is van verschillende parameters, niet alleen van de seismische stabiliteit van het gebouw.

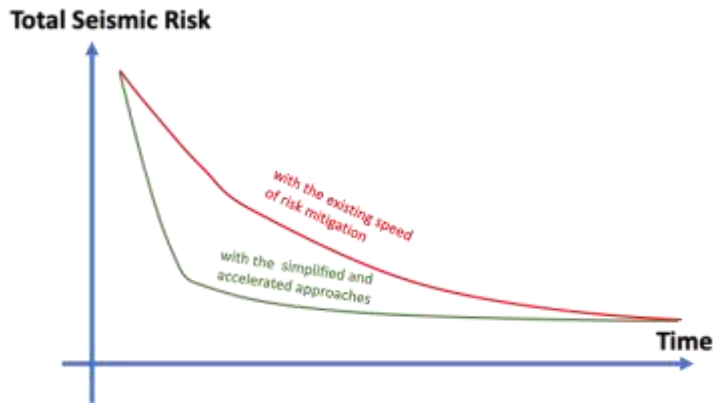
Ten tweede omdat de regelgeving en de seismische gevarenkaarten zeer vaak veranderen (zie de verandering in figuur 2), waardoor het niet verstandig zou zijn om een huis veilig te verklaren volgens de normen van de dag. Dit betekent niet dat de versterkte huizen niet veilig zijn, maar ik probeer alleen het begrip veiligheid uit te leggen met betrekking tot de seismische voorschriften en de praktijk van de aardbevingen.

### **3. Een nieuwe aanpak voor snelle en efficiënte versterkende beslissingen**

Het grootste probleem dat zich op dit moment voordoet in het Groningse vraagstuk is de snelheid van het versterkingsproces. De beschikbare capaciteit aan engineering wordt volledig benut, maar de werkelijke realisatie van de versterking is nog steeds kleiner dan verwacht.

De engineeringwerkzaamheden voor een gemiddeld huis in Groningen, vanaf het einde van een inspectierapport tot aan het VA (versterkingsadvies) duren ongeveer 4 weken. Dit werk omvat een volledige simulatie van het huis in een geschikte computersoftware, analyses en iteraties van verschillende versies van de versterking volgens de seismische richtlijn, dat wil zeggen de NPR 9998 op dat moment. Het werk van de constructeur is daarmee nog niet klaar omdat er dan een proces volgt van onderhandelen met de eigenaar en het beantwoorden van de vragen over dat project. Dit voegt nog eens 2 tot 4 weken toe aan het hele proces en maakt alleen al van de engineering voor de versterking een project van 6-8 weken in totaal, met een geschatte kostprijs van 40.000,- euro.

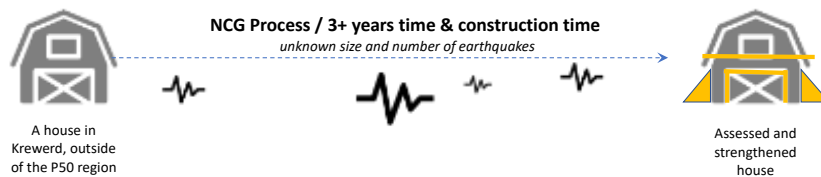
Ook moet worden opgemerkt dat het seismisch gevaar in Groningen een kwestie van tijd is en dat het steeds verder afneemt. Tegelijkertijd neemt het totale seismische risico ook af, ten eerste vanwege het afnemende gevaar, en ten tweede vanwege de huizen die al versterkt zijn. Als er echter een manier is om het proces van versterking en focus op de risicogroep te versnellen, dan zal het totale risico sneller afnemen in een kortere tijd dan verwacht (zie figuur 3).



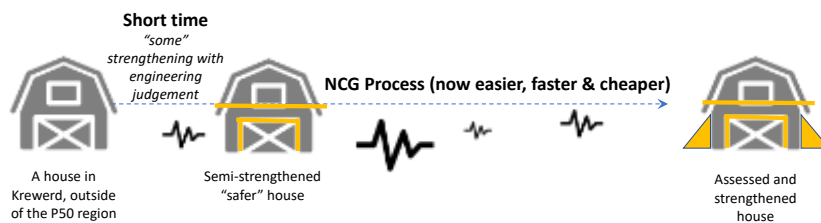
*Figuur 3. Voorlopig het totale seismische risico in Groningen in de tijd, met twee verschillende benaderingen*

Om dat te bereiken, zou een manier kunnen zijn om het hele engineering-proces te versnellen, in ieder geval voor de regio's met een gemiddelde tot lage prioriteit. Deze regio's hebben namelijk nog steeds behoefte aan ingenieurscapaciteit, ze veroorzaken een sociale opstandigheid en bovendien staan de huizen in deze regio's de komende jaren nog steeds bloot aan aardbevingen, totdat ze volgens het programma worden versterkt. Dit wordt geïllustreerd in figuur 4.

**Usual Process**



**Proposed Process**



*Figuur 4. Schematische vergelijking van het gebruikelijke beoordelings- en versterkingsproces met het voorgestelde vereenvoudigde proces*

Er is een nieuwe aanpak die de technische werklast voor de engineers aanzienlijk kan verminderen. Deze nieuwe aanpak kan gebruik maken van de overeenkomsten van de Groninger huizen. Het Groningse model voor de ontvankelijkheid van gebouwen aan bevingen (van Elk en Doornhof, 2018; Crowley et al., 2019; Arup, 2018) vertelt ons dat ongeveer de helft van de gebouwen zich in één herhaalde bouwklasse bevindt, en dat zelfs tot 80% van



de huizen kan worden beschouwd met zeer veel overeenkomsten in termen van het bouw materiaal, de vloeren en de verbindingen. Bovendien kan men, wanneer men kijkt naar de versterkingsprojecten die door de ingenieursbureaus worden geproduceerd, de overeenkomsten van huis tot huis detecteren. Dit komt omdat de meeste woningen dezelfde soort zwakke onderdelen hebben, waardoor zeer vergelijkbare oplossingen nodig zijn. In die zin kan een ervaren ingenieur intuïtief versterkende maatregelen voorstellen, zonder gebruik te maken van de omslachtige en vermoeiende computersimulatieprocessen, alleen al door gebruik te maken van zijn of haar inzicht en beoordelingsvermogen.

Met dit nieuwe proces kan het werk van 6-8 weken worden teruggebracht tot een paar dagen. Het nadeel is natuurlijk dat, hoewel de huizen na deze operatie "veiliger" zullen zijn, de mate van compatibiliteit met de NPR-richtlijnen niet kwantitatief kan worden gedefinieerd omdat computersimulaties en complexe berekeningen ontbreken. Aan de andere kant, zelfs als de huizen die met deze nieuwe aanpak zijn versterkt, volgens de NPR 9998 nog niet in capaciteit voldoen, zullen ze door het afnemende gevaar in de tijd hoogstwaarschijnlijk in de komende jaren aan de code voldoen, voordat het gebruikelijke versterkingsprogramma op deze huizen in werking treedt.

Zoals te zien is in figuur 4, biedt de vereenvoudigde versterkingsaanpak een vroegtijdig en verhoogd veiligheidsniveau voor de woningen, hoewel dit niet kan worden gekwantificeerd. Wanneer deze huizen later worden bezocht in een volledige en codeconforme versterkingsprocedure zal de versterkingsautoriteit waarschijnlijk weinig of niets moeten toevoegen aan de versterking die eerder is gedaan.

## Voetnoten

1. Deze naam is geïnspireerd door een van mijn professoren in aardbevingentechniek en een leidende figuur in de wereld van de aardbevingentechniek, Prof. Nigel Priestly, die in 2014 is overleden. Zijn boek "Myths and Fallacies in Earthquake Engineering" is een hoeksteen-document in het ontwerp van constructies tegen aardbevingen.

## Referenties

ARUP (2018) Groningen Aardbevingen Structurele Verbetering - Gegevensdocumentatie EDB v5, Rev 0.09, NAM-rapport.

Crowley H., Pinho R., van Elk J. en Ulienreef J. (2019), Probabilistic damage assessment of buildings due to induced seismicity, Bulletin of Earthquake Engineering, 17, 4495-4516.

Bal I. E., (2018) "Myths and fallacies in the Groningen earthquake problem", gepubliceerd door Hanzehogeschool Groningen, Research Center Built Environment Noorderruimte, beschikbaar op: [https://www.hanze.nl/assets/corporate/Documents/Public/HANZE-18\\_0452%20Ihsan%20Bal%20Earthquake%20Resistant%20Structures\\_LR.pdf](https://www.hanze.nl/assets/corporate/Documents/Public/HANZE-18_0452%20Ihsan%20Bal%20Earthquake%20Resistant%20Structures_LR.pdf), laatst bekeken op 19.03.2020.

Bal I. E., Smyrou E., Dais D., Arslan O., Paxinou K., en Sreerama A. K. (2019), Review of the NCG study for the normal risk houses in the 1581-batch, Repoert for NCG, beschikbaar op: <https://www.nationaalcoordinatorgroningen.nl/binaries/nationaal-coordinator-groningen/documenten/publicaties/2020/01/07/index/20200701+Review+Hanzehogeschool+Groningen+over+huizen+met+een+normaal+risicoprofiel+in+batch+1.581.pdf>, laatst bekeken 19.03.2020.

van Elk, J. en Doornhof D. (2018) Induced Seismicity in Groningen-Assessment of Hazard, Building Damage and Risk, NAM Report.

# Myths and Fallacies in the Groningen Earthquake Problem - A New Approach for Seismic Strengthening

Ihsan Engin Bal

## 1. Introduction

I have been leading a research group on earthquake resistant structures at Hanze University of Applied Sciences in Groningen since 2017. Shortly after my arrival to Groningen, I prepared a booklet (Bal, 2018) on, what I called “myths and fallacies”<sup>1</sup> in the earthquake problem of the Groningen region. As a person who has been dealing with earthquakes in his entire work life, I was “negatively” impressed to see that the technical aspects of the discussion were off the tracks and what I knew as international earthquake expertise received quite a resistance from some of the domestic “experts”. Now after 3 years, I see that many of the topics I put under spotlight in my booklet back in 2018 are being discussed, finally, on the correct terms, although much valuable time has been wasted.

After much discussions, second opinions, third opinions, counter-opinions, new institutions, yet newer institutions, much project coordination and little project implementation, we finally came down to the main question: seismic strengthening. No matter what research we do, the earthquake safety is materialized in how our built environment responds to the earthquakes, and in particular, how our homes cope with the earthquake motions. If the houses we live in are not improved, the rest of the research becomes simply irrelevant for an inhabitant.

## 2. Definitions

In order to understand the whole discussion, we first need to agree on the terminology. Here I summarize some of the important terms useful for better explaining the new approach I will propose at the end of this document.

### Seismic Strengthening

---

<sup>1</sup> This name was inspired by one of my professors in earthquake engineering, and a leading figure in the earthquake engineering world, Prof. Nigel Priestly whom we lost in 2014. His book “Myths and Fallacies in Earthquake Engineering” is a corner stone document in design of structures against earthquakes.

Seismic strengthening is a construction process that makes the structure more resistant to the expected earthquakes. Buildings often need strengthening either because they were built according to an old and less demanding regulation, or the purpose of use is now different, or may be some aging effects or earthquake damage decreased the initial capacity. In any case, strengthening is a process that takes the existing strength of the building and moves it upwards, above the initial capacity, and also above or equal to the capacity demanded by the earthquake regulations. A graphical representation is shown in Figure 1.

When applying a seismic strengthening to a building, the engineer has to strictly abide by the regulations in that country. These regulations are either seismic codes or guidelines that are given the power of regulating the seismic safety of buildings.

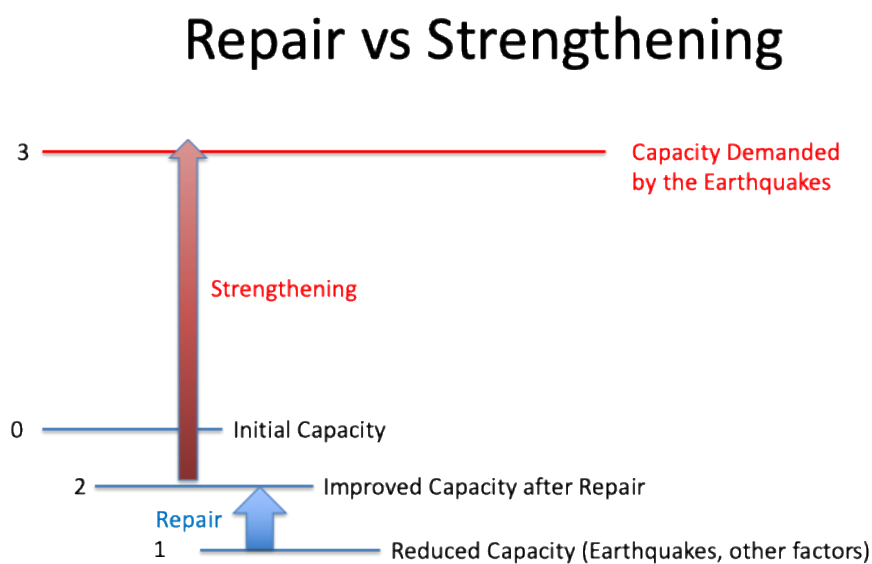


Figure 1. Repair versus strengthening

### Seismic Demand vs Seismic Capacity

Seismic capability of a structure is estimated by comparing the seismic demand with the seismic capacity. The seismic demand on a structure is a combination of the seismic hazard in that region with the dynamic properties of the particular structure in question. In other words, the seismic demand may be very different in two structures that are next to each other.

The seismic capacity is the ability of the structure to cope with the seismic loads. For instance, this capacity may be needed in strength or in deformation

capability. A successful structure behaving good in an earthquake event should be the result of a design that is a balanced combination of stiffness, strength and deformation capacities.

### **Seismic Codes and Guidelines**

There are two ways of regulating the seismic safety of buildings in a country: codes and guidelines. European countries work with codes while guidelines are more common in the US. The difference is that a code is a law because it is often connected to a building law, and it describes the technical application details of that law. Codes are signed and approved by the governments or the cabinet or by the equivalent body relying on the law that assures the seismic safety of houses.

Guidelines are “suggestive” documents, but the authorities can impose these documents to be strictly followed in practice. For example, NPR9998 is a guideline. The seismic regulations in European countries are in action as codes, like the Eurocode 8 for example, as its name also implies. I am not an expert on legislation and cannot know the exact differences, but the bottom line is that in either case, the engineers are bounded by these regulations.

### **Seismic Hazard Maps**

In the case of seismic regulations, one important component is the seismic hazard map. The code or the guideline describes the methods of calculations for defining the seismic capacity of a building, but the seismic demand is a regional parameter and can vary in time. This is reason why the code or the guideline stays constant, but the hazard map may change. As a result, the entire seismic input (seismic demand) for a house may change overnight although the seismic code is the same. As an example, at the end of 2019, the Ministry EZK decided to go from T1 production period to T2 production period in seismic calculations. Although the NPR regulation did not change, the seismic demand has decreased 15% in the heart of the earthquake zone. Practically, a house evaluated a night before the change and another house evaluated the day of this change will have 15% difference in seismic demand , although no other parameter has changed.

One striking figure on the effect of the seismic hazard comes to the surface when the 2015 hazard level is compared to the 2018 hazard level. We have done a study for the NCG for evaluating the engineering work on the 1581-batch (Bal et al., 2020). In that study, we produced the map shown in Figure 2. In that figure, you can see that the level of seismic hazard decreased up to 3.20 times (320%) from 2015 to 2018.

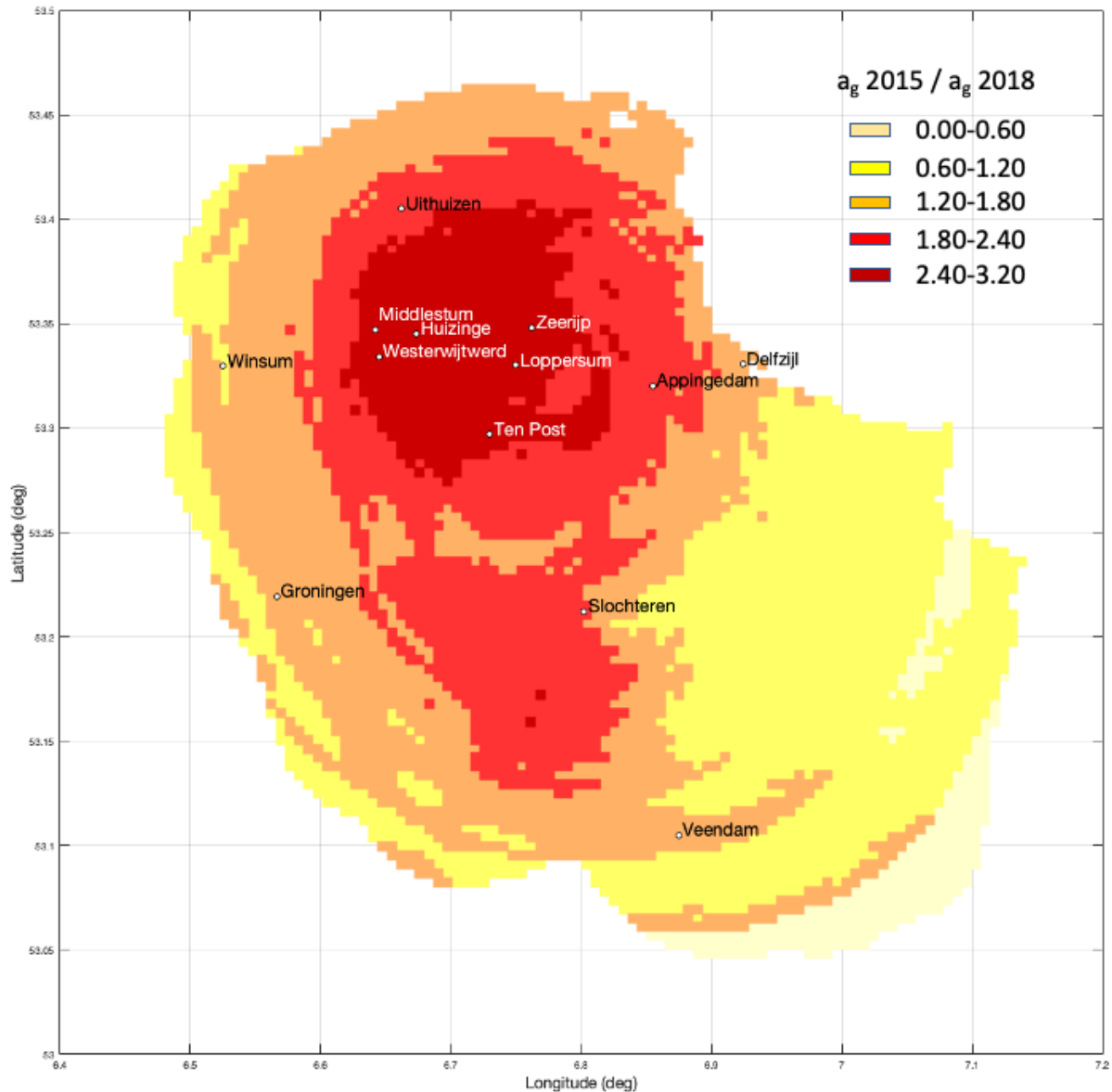


Figure 2. Change in the seismic hazard (peak ground acceleration) from 2015 to 2018 version of the NPR, considering the T1 production period (i.e. 3.20 means the hazard level decreased 3.20 times from 2015 to 2018)

One can expect that the strengthening operations, type and number of strengthening would be completely different when considering these two maps. In other words, a house that needs a very aggressive strengthening in 2015 may be saved with a little amount of strengthening in 2018. Seismic hazard maps often change in seismically active countries, but this change, in average, is often upwards and not that sharp.

## Seismic “Safety”

There is a misconception about the seismic safety. Although it may sound strange, a strengthened house is not equal to a seismically safe house. The engineering companies that prepare VA (versterking advies – strengthening advise), do not and cannot actually promise seismic safety. They can only promise “compliance” or “non-compliance” to a certain seismic regulation. This is firstly because seismic safety (i.e. the guarantee of not dying in or around a building due to a severe earthquake) is function of several parameters, not only the seismic stability of the building. Secondly, the regulations and the seismic hazard maps change very often (see the change presented in Figure 2), thus declaring a house safe according to the standards of the day would not be wise. This does not mean that the strengthened houses are not safe, but I am only trying to explain the concept of safety in respect to the seismic regulations and the practice in earthquake engineering.

### **3. A new approach for quick and efficient strengthening decisions**

The main problem in hand at the moment in the Groningen issue is the speed of the strengthening process. The engineering capacity is used at its full, but the actual strengthening progress is still smaller than what has been anticipated.

The engineering work for an average house in Groningen, from the end of an inspection report until the VA (strengthening advise) takes approximately 4 weeks. This work entails a full simulation of the house in a suitable computer software, analyses and iterations of different versions of strengthening according to the seismic guideline, that is the NPR9998 at the moment. The work of the structural engineer does not finish there because then there is a process of negotiating with the owner and responding to the queries about that project. This adds another 2 to 4 weeks to the whole process, turning only the engineering works of strengthening into a project of 6-8 weeks in total, with an approximate cost of 40,000€.

It should also be noted that the seismic hazard in Groningen is matter of time and it keeps decreasing. At the same time, the total seismic risk also decreases firstly because of the decreasing hazard, and secondly because of the houses that are already strengthened. If there is a way, however, to speed up the process of strengthening and focusing primarily on the high-risk group, then the total risk would decrease faster in a shorter time than anticipated (see Figure 3).

### Total Seismic Risk

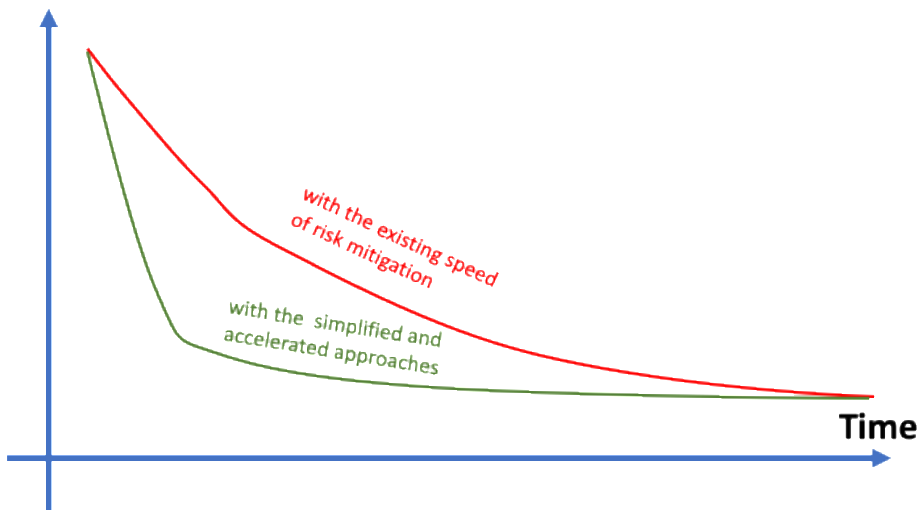
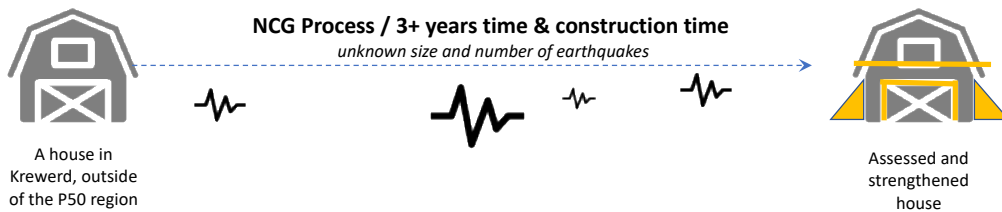


Figure 3. Tentative the total seismic risk in Groningen in time, with two different approaches

In order to achieve that, one way could be to accelerate the entire engineering process, at least for the mid- to low-priority regions. This is because these regions still require engineering capacity, they cause a social outcry, and furthermore, the houses in these regions are still exposed to seismicity in the coming years until they are strengthened according to the program. This is illustrated in Figure 4.

#### Usual Process



#### Proposed Process

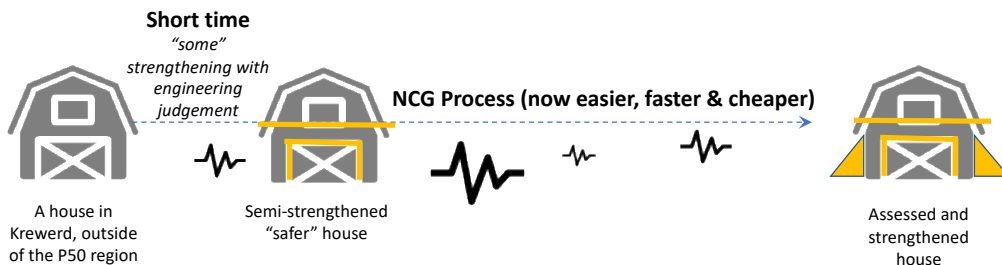


Figure 4. Schematic comparison of the usual assessment and strengthening process to the proposed simplified process



A new approach can decrease the engineering work-load considerably. This new approach can make use of the similarities of the Groningen houses. The Groningen building exposure model used for the HRA model (van Elk and Doornhof, 2018; Crowley et al., 2019; Arup, 2018) tells us that approximately half of the buildings are in one repeated building class, and even up to 80% of the houses can be considered to have very many similarities in terms of the construction material, floors and connections. Furthermore, when looking at the strengthening projects produced by the engineering companies, one can detect the similarities from house to house. This is because most of the houses have the similar types of vulnerabilities, requiring very similar solutions. In that sense, an experienced engineer can propose strengthening measures intuitively, without using the cumbersome and tiring computer simulation processes, only and only by using his/her engineering judgement.

With this new process, the 6-8 weeks work can be decreased to a couple of days. Of course, the down-side of it is that, although the houses will be “safer” after this operation, the amount of compatibility with the NPR guidelines cannot be quantitatively defined since computer simulations and the complex calculations are missing. On the other hand, even if the houses strengthened with this new approach are short in capacity as per the NPR9998, by the decreasing hazard in time, they will most probably be code-compliant in the coming years, before the usual strengthening program starts operating on these houses.

As it can be seen in Figure 4, the simplified strengthening approach provides an early and increased level of safety to the houses although it cannot be quantified. When these houses are visited for a full and code-compliant strengthening procedure the strengthening authority will probably need to add little or none to the strengthening that was done before.

## References

- ARUP (2018) Groningen Earthquakes Structural Upgrading – Data Documentation EDB v5, Rev 0.09, NAM report.
- Crowley H., Pinho R., van Elk J. and Ulienreef J. (2019), Probabilistic damage assessment of buildings due to induced seismicity, Bulletin of Earthquake Engineering, 17, 4495-4516.
- Bal I. E., (2018) “Myths and fallacies in the Groningen earthquake problem”, published by Hanze University of Applied Sciences, Research Centre Built Environment Noorderruimte, available at: <https://www.hanze.nl/assets/corporate/Documents/Public/HANZE->

[18\\_0452%20Ihsan%20Bal%20Earthquake%20Resistant%20Structures\\_LR.pdf](#) , last accessed 19.03.2020.

Bal I. E., Smyrou E., Dais D., Arslan O., Paxinou K., and Sreerama A. K. (2019), Review of the NCG study for the normal risk houses in the 1581-batch, Report for NCG, available at:

<https://www.nationaalcoordinatorgroningen.nl/binaries/nationaal-coordinator-groningen/documenten/publicaties/2020/01/07/index/20200701+Review+Hanzehogeschool+Groningen+over+huizen+met+een+normaal+risicoprofiel+in+batch+1.581.pdf> , last accessed 19.03.2020.

van Elk, J. and Doornhof D. (2018) Induced Seismicity in Groningen-Assessment of Hazard, Building Damage and Risk, NAM Report.

# Conclusies

## Mick Eekhout

In de lezingen van het KNAW-minisymposium van 20 maart 2017 werden de principes uitgelegd hoe de aardbevingen tot stand komen en hoe men met de bouwkundige gevolgen ervan omgaat. Het symposiumboek is nog steeds beschikbaar en te downloaden vanaf de site [www.mickeekhout.nl](http://www.mickeekhout.nl).

Mick Eekhout heeft als emeritus hoogleraar TU Delft bouwkundige productontwikkeling, vrije wetenschapper en KNAW lid een onafhankelijke positie. Vanuit die positie initieert hij op persoonlijke titel het tweede KNAW minisymposium over 'Aardbevingsbestendige woningen'. In dit symposium komen vijf sprekers aan bod die elk vanuit een verschillende hoek hun autonome kijk op het aardbevingsdossier hebben. Tenslotte kijkt hij zelf overkoepelend, onafhankelijk en onbezoldigd, naar aardbevingsrobuuste gebouwen in NO-Groningen

We zijn nu met dit tweede KNAW minisymposium op 24 maart 2020 drie jaar verder. Tussen 2017 en 2020 is er veel veranderd. Het dramatische 'Wendepunkt im Bauen' was de beslissing van minister Erik Wiebes. Eerst in maart 2018 om geheel te stoppen met de gasproductie in 2030 en later in september 2019 om de nulgasproductie reeds in oktober 2022 te organiseren. Ook al weet men nooit wat er met die datum kan gebeuren, laten we 1 oktober 2022 maar als datum aanhouden in deze navolgende redentatie. Die nulgasproductie heeft indirect zeer grote invloed op de bouwkundige ontwikkeling.

### 1. Gefragmenteerde organisatie

De algemene indruk is dat de organisatie van het aardbevingsdossier zeer gefragmenteerd is. De verschillende partijen houden zich strikt aan hun opdrachten of staan met de hakken in het zand. Overkoepelend denken of 'koepeldenken' is niet of nauwelijks aan de orde. Men is partij, zoals de NAM of de Staat, de Nationaal Coördinator Groningen [NCG], zoals de provincie en gemeenten, zoals het NEN-instituut en de ingenieursbureaus en zoals partijen van Groningers en de media. Veel partijen houden kaarten tegen de borst. Overzicht is moeilijk te krijgen. Aanvankelijk is die fragmentatie mogelijk bedacht uit juridische gronden: 'privacy' als excuus of zelfbescherming, maar ook top down om 'opdrachtnemers gescheiden te houden' en 'rust in de tent'.

Nu is het een conglomeraat van organisaties, elk met hun eigen beperkte doelen en werkwijzen waarover het moeilijk is overzicht te krijgen zonder partijdig te zijn. Het ministerie van Economische Zaken had met NCG de

politieke leiding, NAM, het NEN-instituut en de ingenieursbureaus de technische leiding en uitvoering. Van weerszijden zijn veel juristen in actie geweest, die de partijen niet snel tot elkaar brachten. Totdat de Groningers boos werden en snelheid eisten. En de politiek na verschillende persoonswisselingen een andere koers en die gevraagde snelheid overnam.

De voortdurende organisatorische veranderingen gaan gepaard met de overgang van personen, disciplines en ervaringen van de ene organisatie met een bepaald doel en werkwijze naar een andere organisatie met een ander doel en werkwijze, het introduceren van nieuwe managers. Dat alles zorgt voor een vloeiende fragmentatie van voortdurende opbouw waar zekerheid, voorspelbaarheid en betrouwbaarheid ver te zoeken zijn.

Er is een Gordiaanse knoop met een technische werkelijkheid (bèta), er is een politieke en economische werkelijkheid (gamma), een financiële en juridische werkelijkheid (ook gamma) en er is een sociale werkelijkheid (alfa). Deze alfa, bèta en gamma werkelijkheden zijn zeer verweven met elkaar, veranderen voortdurend en kennen geen rust. De totale organisatie wijzigt voortdurend.

Op dit moment is juist de Corona crisis aangebroken. Er wordt ook hier over gigantische schadebedragen gesproken. Dat komt alles neer op de minister van EZK die zijn knopen telt.

## **2. Algemene indruk van onrust door schade naar slopen / herbouwen**

De schademeldingen na de diverse aardbevingen zijn voor een groot deel gecompenseerd, maar er zijn slepende gevallen zoals een langdurige hongerstaker die het niet eens kon worden met zijn schadetoekenning. De onrust onder de Groningers is ontstaan door het juridisch vertragen van schadetoekenningen. Na de aanvankelijke 2.000 schademeldingen in 2012 werden het tenslotte meer dan 100.000. Juristen betwijfelen of alle gemelde schades afkomstig zijn van aardbevingen. In het algemeen gaat het om kleine schadebedragen, uitzonderingen daargelaten. NCG website meldt dat de gemiddelde recente schade uitkering 1.500,= tot 1.700,= euro per woning bedraagt. Waarom niet een totaalbudget of 'generaal pardon' overgemaakt naar een goed geoutilleerde organisatie [NCG] die het gebruikt om alle schades af te kopen?

Was het wel verstandig om die schadeafhandeling juridisch zo te compliceren en te vertragen? Nu is er bijna een volksofstand ontstaan vanwege de schadeafhandeling. Dat ongenoegen over hoe de Groningers behandeld worden vanwege de schademeldingen en de opstandigheid is vervolgens overgeslagen

naar onvrede over door de VersterkingsAdviezen [VA's]. Dat zijn de adviezen die de ingenieursbureaus opstellen om de robuustheid van woningen en gebouwen tegen toekomstige aardbevingen aan te tonen. De VA's komen een paar jaar later op tafel dan de schade door recente aardbevingen. Het gaat met name over de in de VA's aangetoonde onveiligheid van de bestaande woningen in de VA's. Want heel veel woningen moeten volgens de VA's versterkt worden, of gesloopt en herbouwd. Klein ongenoegen van schade vanaf 2012 gaat gemakkelijk over in groot ongenoegen van onveilig voelen in de woning zoals beschreven in de VA's vanaf 2015. In de laatste twee jaar blijkt echter dat die VA's voor een groot deel juist weer 'overveilig' of 'super-conservatief' te zijn berekend en dus onnodig alarmerend zijn voor de Groningers. Het vertrouwen in de overheid die dat alles door middel van verschillende instellingen en bedrijven organiseert, verdwijnt langzamerhand. Krijg dan maar weer de geest in de fles. Dat is momenteel de grote sociaal / psychologische uitdaging

Met mijn achtergrond in de architectuur, innovatieve technologie en de bouw, gaat mijn belangstelling allereerst uit naar bouwkundige zaken. Vanuit die hoek is deze bijdrage beredeneerd. Met veel belangstelling voor Groningen geschreven als onafhankelijke wetenschapper, onderzoekende ontwerper, tevens als extreem innovatieve technisch ontwerper vanuit Delft.

### 3. Ontwikkeling van de NPR 9998

Er wordt in 2015 door het NEN-instituut een eerste versie van de Nationale Praktijk Richtlijn [NPR] 9998 gepubliceerd. De NPR commissie bestaat uit civiel ingenieurs met een hoog theoretisch aanzien. Er zijn geen personen bij met veel ervaring in de praktijk en ook geen bouwers en gebruikers, zoals gebruikelijk bij het opstellen van nieuwe normen. Het is een richtlijn **voor** de praktijk, maar **niet vanuit** de praktijk. Het is een gedegen, maar experimenteel begin in het luchtledige van praktijkkennis. Daarin wordt de methodiek beschreven hoe men gebouwconstructies in sterkte en robuustheid tegen aardbevingen kan berekenen. Het is een richtlijn, geen wet. Er is in 2015 nog nauwelijks praktijkervaring met de bouwkundige gevolgen van aardbevingen. Het gehele speelveld is nieuw. Men haalt uit de gehele wereld de beste kennis en inzichten. Omdat men ervan overtuigd is dat de Groningse bodem door haar zachte samenstelling van afwisselende lagen veen, klei en zand een andere aard heeft dan andere, internationale aardbevingservaringen, worden er aanzienlijke veiligheden in de aanpak ingebouwd. "In Groningen is alles anders", heet het. Dr. Ihsan Bal, lector aardbevingskunde Hanzehogeschool,

bestrijdt in zijn inaugurele rede van juni 2018 dat de Groningse situatie zo uitzonderlijk is. Dat betekent dat internationale ervaringen ook in Groningen gelden en dus in te voeren zijn om sneller te leren.

Als men compensatie van de NAM wil ontvangen voor versterkingen tegen toekomstige aardbevingen, dient er versterkt te worden volgens de NPR 9998. Dat is een eenvoudige connectie, maar lijkt te suggereren dat de NPR volwassen is. Het is daarentegen een eerste en experimentele versie, blijkt later. Verderop in deze tekst wordt ingegaan op de NPR-uitgangspunten.

In de jaren na 2015 worden er testen gedaan op delen van gebouwen. Het metselwerk in de binen en buitenmuren is het grootste probleem. Metselwerk bestaat al 5.000 jaar en is ontwikkeld om de zwaartekracht te weerstaan. Metselwerk kan nu eenmaal nauwelijks grote trekkrachten weerstaan, dan scheurt het. Millennialang heeft men gebouwd met baksteen, rekening houdend met die kleine trekcapaciteit. De Groningers zijn trots op hun Groningse baksteen. Vanaf de mythische toren van Babel werd massief metselwerk steeds beter efficiënter benut. Groningse woningen van vóór 1940 hebben steens (220 mm dikke) buitenmuren. Nederland is het enige land in de wereld waar men na de Tweede Wereldoorlog met spouwmuren van twee halve steensmuren (2 x 110 mm dikte met 50 mm spouw ertussen) is gaan bouwen. In het gemetselde buitenblad verzamelt zich veel regenwater, want bakstenen zijn net sponzen voor regenwater. Dat water zoekt zich een weg naar beneden in het buitenblad en komt niet in het binnenblad dat door de spouwsamenstelling droog blijft. Vochtplekken en loshangend behang worden daarmee vermeden. Een uitstekende oplossing voor zichtmetselwerk in een regenachtig klimaat. In de laatste decennia zijn de spouwen vaak gevuld met isolatie. Echter in internationale zin zijn er geen ervaringen met het berekenen van de sterkte van spouwmuren van naoorlogse Groningse woningen, noch in het vlak van de muur 'in plane', noch dwars op het vlak van de muur ofwel 'out-of-plane' / 'cross plane'. Er worden aanvankelijk in 2015 uitgangspunten genomen die enkele jaren later blijken te grof te zijn geweest. Maar men moest een uitgangspunt innemen.

Het instituut 'BuildinG' op de Zernike-Campus in Groningen krijgt in 2017 een triltafel en in 2018 een trilvloer voor het testen van kleine gebouwdelen. Ook in Pavia en Lissabon, waar al veel langer aardbevingen voorkomen, worden kleine gebouwconstructies opgebouwd met gemetselde Groningse bakstenen en getest. Met name op het metselwerk zijn bevingsproeven noodzakelijk. Met de berekeningen, de praktijkproeven, de veldmetingen en de vergelijkingen tussen deze drie aanpakken, groeit daarna het inzicht. Maar er is nog geen sprake van voldragen inzicht. Het blijft bij het maken van wiskundige en

materiële modellen, die nog niet volledig de werkelijkheid representeren en betrouwbaar zijn. Maar er is voortschrijdend inzicht.

De aanvankelijke voorzichtigheid, neergelegd in modelleringen met diverse veiligheden, komt later naar buiten als conservatisme in de NPR dd 2015. Verderop zullen de verschillende in acht genomen veiligheden worden behandeld.

Los daarvan staan de versterkingsanalyses [VA's] die de ingenieursbureaus maken op grond van de NPR 2015. De ingenieurs nemen naast de ingebouwde veiligheden in de NPR ook nog hun eigen veiligheden. De aangenomen som van veiligheden in de NPR en in de VA's hebben een merkwaardig resultaat. De Groningse woning blijkt niet bestand tegen de berekende belastingen uit aardbevingen. In de eerste, officiële witte versie NPR 9998 dd 2015, het uitgangspunt van bijna alle VA's, was de maximaal te verwachten grootte van de aardbevingen nog 5.5 op de schaal van Richter. Die schaal is logaritmisch. Het conservatisme in de NPR wordt door partijen onderkend en in de loop van de laatste vijf jaar verkleind doordat er nieuwe NPR versies worden opgesteld.

Op 1 juni 2017 wordt de volgende (groene = voorlopige) versie van de NPR 9998 dd 2017 gepubliceerd, die echter nauwelijks wordt gebruikt bij het maken van VA's door de ingenieursbureaus. Het duurt gewoonlijk een half jaar voordat een nieuwe versie goed gelezen, begrepen en gehanteerd wordt, met andere woorden ingeburgerd is. De uitgebreidheid van die NPR leidt ertoe dat ingenieurs de NPR zelf nauwelijks lezen. De NPR heeft ook geen leesbare gebruikershandleiding. Men moet hoogopgeleid en goed ingevoerd zijn om met de NPR te werken.

#### **4. De Versterkingsanalyses**

De VA's van de ingenieursbureaus worden uit 'privacy' redenen privaat en geheim gehouden en zijn derhalve niet leesbaar en verkrijgbaar voor een algemene indruk. Dat belemmert het inzicht en uiteraard ook de kritiek. Dus gaat het schrijven van VA's op die basis een tijd lang door. Echter de algemene indruk van de versterkingen is dat met ongehoorde middelen woningen dienen te worden versterkt. Complete staalconstructies worden in de VA-ontwerpen en berekeningen in woningen ingebracht. Als versterken niet kan, wordt de conclusie slopen en nieuwbouwen. Er wordt voor één project, bij de auteur bekend, een analyse van meer dan 500 pagina's gemaakt met als resultaat 'slopen en herbouwen'. Dat had ongetwijfeld ook veel efficiënter gekund.

De geheimhouding kan niet voorkomen dat er kritiek komt. Het veelvuldige advies van slopen en nieuwbouwen van de uitgebrachte VA's is daar een overtuigend bewijs van, maar ook de onrust bij bewoners die daardoor ontstaat. NAM en het ministerie van Economische Zaken zien enorme versterkingskosten in de toekomst op zich afkomen.

Van de geadviseerde berekeningsmethoden in de NPR van extreem dynamische analyses tot statische 'push over' analyses gaat bij ingenieursbureaus de voorkeur uit naar de meer uitvoeriger dynamische methoden. Dat geeft weliswaar hogere accuratesse, veel werk, maar ook hogere kosten.

Kennelijk is er geen of te weinig controle op dit gebruik van de NPR en de VA's. Dat is enigszins vreemd want het is publiek geld. Om het positief te stellen: de ingenieursbureaus overleven de bouwrecessie glansrijk dankzij Groningen. Alle woningen worden individueel behandeld. Men spreekt in herfst 2017 van 300 tot 400 civiel ingenieurs die zijn ingevlogen naar de ingenieursbureaus om de uitgebreide VA's te maken.

Uitkomst van de VA's op basis van de NPR dd 2015 is dat 50% van de geanalyseerde woningen gesloopt en hergebouwd moet worden! In Appingedam zegt een trotse burgemeester Hiemstra me in de herfst 2017 dat het in zijn gemeente zelfs 80% is! Er worden hoge verwachtingen gewekt bij de betrokken gemeenten.

Er worden in de loop van een viertal jaren steeds meer VA-rapporten geleverd met die uitkomst, zonder dat de opstellers zich afvragen wat daarvan de maatschappelijke gevolgen zouden worden. Dat hoort natuurlijk bij beperkte opdrachten, kan men zeggen. Hadden de opstellers van de NPR en de uitvoerende ingenieursbureaus geen idee waartoe de resultaten van hun werk met de betrokken veiligheidsfactoren zouden leiden? Veiligheden worden op elkaar gestapeld in onzekere tijden. Maar in werkelijkheid worden ze met elkaar vermenigvuldigd. En dan gaat het hard. Dat zijn we in de bouw niet gewend. Daar is een veiligheid van 1,6 tot 2,0 op een bouwdeel acceptabel. Dit soort vermenigvuldigingen zijn ook aan de hand in de VA's. Waar is het zelfreinigend vermogen bij dit soort opdrachten? Wordt er nog kritisch aan de opgave en haar consequenties voor de maatschappij gedacht?

De individuele woningeigenaren krijgen na lang wachten een VA rapport op tafel met een advies tot verregaande versterkingen of een advies om het huis en de fundering slopen en nieuw te bouwen. De gemiddelde woningeigenaar schrikt zich een hoedje en denkt dat zijn huis kan instorten. En als er gesloopt moet worden, dan nieuwbouwen het liefst in originele staat van de woningen



nu, vinden veel Groningers. Want vaak past er niet veel meer op het perceel. Over 10 jaar ziet niemand dan meer het verschil tussen oudbouw en nieuwbouw in NO-Groningen.

## **5. Toenemende onrust onder de bevolking in Groningen**

Eerst de onrust over de schade en nu het advies om je huis zwaar te laten versterken of zelfs af te laten breken en te laten herbouwen. Dat protest zwelt aan door schade en VA's. De onrust onder de Groningers groeit aanzienlijk, zoals ministers en zelfs de Koning ondervinden als zij Groningen bezoeken. Achter de NAM staat overigens ook de Staat, want de Staat vergoedt aan de NAM 64 % van de schade en de VA-consequenties, volgens de concessie Staat aan Shell / Exxon uit 1963. Andere bronnen spreken van 73%. De Staat laat de NAM de kastanjes uit het vuur halen.

De NAM lijkt aanvankelijk de partij die de schadeproblematiek veroorzaakt door de gasproductie en die later de compensatie moet uitgeven. Dat lijkt een slager die zijn eigen vlees keurt. Maar ondanks wantrouwen van velen is de NAM tegelijkertijd ook de meest professionele partij in het Groningen circus.

Er is ook onrust en ontevredenheid bij professionele projectontwikkelaars op het gebied van de vergoedingen voor de nieuwbouwprojecten. De NAM heeft een redelijk transparant systeem van compensaties opgezet. Toch blijven de projectontwikkelaars en bouwers van mening dat die vergoedingen niet in verhouding staan met de gevraagde inspanningen om hun nieuwbouw aardbevingrobuust volgens de NPR te maken. Daar ontstaat financieel en economisch ongenoegen.

Er wordt vanuit het Atelier Rijksbouwmeester op 27 maart 2018 een 'Reflectie op de Nieuwbouw-regeling' gepubliceerd: liever meer publiek (NCG) dan privaat (NAM); liever meer positieve ontwerpregels dan afstraffingen achteraf; geleidelijk te ontwikkelen naar een typisch Groningse integrale 'modus operandus', passend op het Bouwbesluit?

## **6. De beslissing van EZ minister Wiebes naar nulgasproductie**

Na ontvangst van verdere adviezen van het Staatstoezicht op de Mijnen [SodM] en van de Mijnraad, waarin het KNMI, TNO en NAM steeds hun adviserende inbreng hebben, besluit minister Wiebes op 29 maart 2018 om de gasproductie terug te brengen naar nul in 2030. Dat is een onverwachte en duidelijke ingreep van de minister in het dossier. Hij zal de langlopende

exportverplichtingen van gas naar Frankrijk, België en Duitsland in hun alternatieven overwogen hebben. Het maximum wordt geleidelijk afgebouwd van 20 miljard m<sup>3</sup> naar onder 12 miljard m<sup>3</sup> gas. Voor het eerstvolgende gasjaar 2018/2019 zou de productie verlaagd worden tot 11,8 miljard m<sup>3</sup> gas. Er worden ook een drietal tijdvakken genoemd waarin de gasproductie zakt en de veronderstelde seismische dreiging ook afneemt. De NPR 2018 erkent drie tijdvakken waarin de productie tot 2030 wordt voorzien:

T1 (2018-2020)

T2 (2020-2023)

T3 (2023-2030).

We bevinden ons nu in tijdvak T1 van de NPR dd 2018. Er zijn voldoende grafieken gepubliceerd die dat duidelijk illustreren.

Op 30 mei 2018 besluit Wiebes ook de versterkingsanalyses van de ingenieursbureaus stil te leggen. De ingenieursbureaus krijgen te horen dat er voorlopig geen nieuwe opdrachten voor VA's komen. Enkele maanden erna worden de VA's voorzichtig weer opgestart op basis van clustering van nagenoeg verwante identieke woningen in verschillende typen als efficiencyslag. Dat blijken de ingenieursbureaus toch ook te kunnen. Ze zijn daar trots op in lezingen. Opdrachtbasis blijft uit gewoon de NPR 2015.

Op 30 mei 2018 stapt Nationaal Coördinator Groningen Hans Alders op, ongetwijfeld na twee maanden lang discussies te hebben gehad met het ministerie van EZ uit grote onvrede met de ingeslagen strategische koers van de minister om op termijn met de gasproductie te stoppen. Want geen omzet betekent in ondernemersland geen winst. Geen winst betekent geen mogelijkheid voor investeren en compenseren. Met het terugtrekken van Alders verliest Groningen een sterke verdediger.

Na het besluit om de gasproductie tot nul terug te brengen in maart 2018 komen er weer regelmatig adviezen van de Mijnraad en het Staatstoezicht op de Mijnen [SodM], beide onderafdelingen van het ministerie van Economische Zaken. Alle rapporten worden gepubliceerd, zijn downloadbaar en leesbaar voor alle betrokkenen. Met de adviezen en de gevolgen ervan op tafel, besluit minister Erik Wiebes op 10 september 2019 tenslotte de gasproductie versneld al in 2022 (met condities) geheel terug te brengen naar nul [NRC].

In de Troonrede van 17 september 2019 spreekt de Koning uit dat de Groningers op meer urgentie mogen rekenen. De Koning noemt het versneld stoppen van de gaswinning in Groningen als een goed voorbeeld van beleid dat nodig is bovenop het 'statische' Regeerakkoord, waarin nog gerekend is op 20 miljard m<sup>3</sup> gasproductie per jaar. De boodschap wordt duidelijk gebracht.

Op 1 november 2019 krijgt het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties [BZK] de taak van het versterken doorgeschoven van het ministerie van EZK. Op 1 januari 2020 sluit het Centrum Veilig Wonen. Haar activiteiten, personeel, kennis en inzicht gaan over naar de NCG. Zo'n overgang tussen organisaties versnelt niet, maar vertraagt. Op 23 januari 2020 publiceert waarnemend BZK-minister Raymond Knops het 'Versnellingspakket'. Daarin krijgen zes bouwers, de B6, de vrije hand om met een licht regime versterkingen uit te voeren, van engineering tot aan realisatie. Hoe kennis en inzicht van de ingenieursbureaus naar de bouwers overgaat is nog niet duidelijk. Aan welke NPR versie zij voldoen wordt ook niet duidelijk. Of is de NPR ineens niet meer nodig? Het is een juridisch document.

De verantwoordelijkheid voor de upgrading van gebouwen en woningen rolt van het Rijk, via de Provincie door naar de Gemeenten. Zij willen niet alleen voorzien dat gebouwen en woningen in hun gemeenten altijd veilig zijn om te gebruiken en te bewonen, maar ze willen ook een economische en sociale upgrading van hun gemeente bewerkstelligen. NO-Groningen hoopt op een stimulans om zichzelf daarin te verbeteren. Er lopen dus belangen tegen elkaar in en er zullen belangen struikelen. Geduld zal nodig zijn om NO-Groningen naar een solide en blijvende toekomst te ontwikkelen met de bevingen slechts als een tijdelijk fenomeen van de jaren tien van deze eeuw.

Het op termijn van per 31 september 2022 (of mogelijk iets later) stoppen van de gasproductie zal een nieuwe toekomst geven aan voor de beving-robustheid en het al dan niet versterken van woningen. Eén oktober 2022 zal een nationale feestdag worden in Groningen! Van het gas verlost!

## **7. De nieuwe NPR 9998 dd 2018**

Tot eind 2018 blijven de VA's gebaseerd op de NPR dd 2015. Na publicatie van de nieuwe NPR 2018 in november 2018 kan men na een incubatieperiode van enkele maanden overgaan naar berekeningen op die nieuwe versie, met name voor de nieuwbouw. De verschillen tussen 2015 en 2018 zijn van groot belang. De NPR dd 2018 geeft 60% lichtere bevingbelastingen dan NPR 2015 aan en leidt daarom tot lichtere piekgrondversnellingen. De sterkte van de maximaal te verwachten aardbevingen wordt in de NPR dd 2018 terug gebracht van 5.5 naar 5.0 op de schaal van Richter, van 80 maal naar 25 maal zoveel dan de 3.6 Richter waarde van Huizinge, de zwaarste beving! De ontwikkeling gaat snel. Loppersum heeft als volgt een verloop in de piekgrondversnellingen ofwel 'peek ground accelerations', [pga's], die een maat zijn voor de gebouwbelastingen:

In een interim (groen) NPR advies uit 2014 nog een pga van **0,42g**.

Dat werd in de witte NPR 2015 een pga van **0,36g**.

In de NPR 2017 (groene versie ) volgde **0,19g**.

In de NPR versie 2018 werd de pga **0,130g** (zijnde T1).

De voorspelling voor T2 (2020-2023) wordt **0,123g**;

Voor T3 (2023 – 2030) wordt het **0,108g** [*Data NAM*].

Dat zijn getallen volgend uit de gepubliceerde dreigingkaarten. In Loppersum is de grondversnelling in 2018 dus al **verlaagd tot eenderde** van de eerste dreiging van 2015. In de toekomst **verlaagd tot een kwart**. In andere gemeenten zal die verlaging ongeveer identiek zijn. Deze gegevens zijn uit de NPR 2018 en de dreigingkaarten nulgasproductie in 2030. Inmiddels is dat al 2022 geworden. Er zijn nog verdere en vroegere verlichtingen te verwachten.

Mag ik als ontwerper veronderstellen dat de pga waarden nog verder dalen?

Voor Loppersum wordt de T4 10% lager: **0.097g**;

Indien er 20% lagere pga waarden worden bereikt: dan **0.086g**;

Bij 30% reductie gaat dit cijfer nog verder om; laag: **0.076g**;

En bij 40% reductie wordt de pga tenslotte: **0.065g**.

Deze pga-waarden zakken onder de 0,1g en betekenen alleen licht versterken, want dan zijn de aardbevingbelastingen vergelijkbaar met windbelastingen.

Het sluiten van de gasproductie betekent waarschijnlijk dat er meer rust in het gasrijke bodemgesteente ontstaat, met minder heftige schokken. Er blijven natuurlijk in de diepe ondergrond verschuivingen en gastransmissies mogelijk tussen de gasvelden en in de breuken op drie km diepte. Het met beleid sluiten van gasproductiepunten zal van grote invloed zijn op de ongelijkmatigheid van drukverschillen, die toch tot aardbevingen kan leiden. Het kundig sluiten van de gasproductie moet daarom als een uitdaging of 'kunst' van de NAM beschouwd worden om met minimale invloed op de gebouwde omgeving te worden uitgevoerd.

De overgang van de witte NPR 2015 via de groene NPR 2017 naar de witte NPR 2018 wekt verwarring onder de bewoners. Er zijn woningeigenaren wiens woning op basis van de NPR 2015 wordt veroordeeld tot sloop & nieuwbouw. Zij worden na die beoordeling logischerwijs angstig voor hun veiligheid. De VA's worden privaat gehouden uit juridische gronden. Dat maakt het moeilijk, zo niet onmogelijk, overzicht en inzicht te verkrijgen voor anderen dan de ingenieursbureaus en het opdrachtgevende Centrum Veilig Wonen [CVW]. Maar het is duidelijk dat de VA's door de seismische dreigingkaarten van de NPR 2018 lichter worden. Vanuit de bijdrage van Joost Walraven kan men lezen dat er gewerkt wordt aan de NPR 9998 dd 2020 met nieuwe kaarten.

Stand van zaken januari 2020: Er zijn inmiddels een groot aantal versterkingsanalyses gemaakt voor bestaande woningen. NCG publiceert als eindejaars-overzicht 2019 dat er

**15.346** opnames zijn gedaan met  
**7.530** beoordelingen en daaruit zijn  
**1.903** projecten vastgesteld. Er zijn  
**1.023** uitvoeringen zijn gereed gekomen.

## **8. Acht ontwerpstellingen voor de toekomst**

In de toekomst zullen er dus na de nulgasproductie veel woningen zijn die niet versterkt behoeven te worden, of alleen met een licht regime. De bovenstaande rekensom van Loppersum, in het hart van NO-Groningen laat dat zien. Kennelijk zijn de eerste adviezen zwaar conservatief, overtrokken en in het licht van voortschrijdend inzicht achteraf zijn ze onnodig.

De investeringen van bouwactiviteiten op grond van de VA's op basis van de NPR 2015 worden twijfelachtig. Maar als de overheid / NCG belooft te gaan versterken op die basis van die VA's, dan gaat zij daarop verder. En zo geschiedt, langzaam maar zeker. In Overschild zijn de eerste woningen van de 1581 batch inmiddels gesloopt.

De volgende acht stellingen ofwel interpretaties over 2023 zijn mijn gedachten als ontwerper over de toekomst, dat doen architecten vaker: Eerst een toekomst bedenken en ontwerpen, dan terugredeneren. Ontwerpen (en kijken door de voorruit) scheelt veel tijd ten opzichte van historisch in de achteruitkijkspiegel kijken, ook al worden de historische publicaties onderbouwd door rapporten.

### **Stelling 1: neem een vlucht voorwaarts en ontwerp een NPR 9998 dd 2023.**

NEN zou een nieuwe NPR 2023 kunnen samenstellen, die geldig is nadat de gasproductie gesloten wordt, de bevingen logischerwijs zullen afnemen en de pga's op grond van die NPR 2023 weer lager zullen zijn. Pas na 1 oktober 2022 komt er definitief meer rust in de Groninger bodem. We kijken uit naar de door NEN opnieuw verbeterde NPR 9998 dd 2023, rekening houdend met het realistisch minimaliseren van verschillende aannames en veiligheden.

### **Stelling 2: Kunnen de maximale aardbevingbelastingen in rekenwaarde omlaag van 5.0 Richter (NPR dd 2018) naar 4.0 Richter (NPR dd 2022)? Want**

door de logaritmische schaal is de veiligheidsfactor in 4.0 Richter altijd nog 2,5 keer hoger dan de aardbeving van Huizinge. Dat lijkt me nu, zeker nadat de gasproductie op nul is gezet, veilig genoeg. In de herfst 2020 zou weer een adviserende bijeenkomst gepland kunnen worden met buitenlandse bevingsspecialisten, net zoals in 2016. Dan zou in internationaal opzicht mogelijk besloten kunnen worden over 4.0 ipv 5.0 Richter in een advies aan de regering.

**Stelling 3: Maak seismische dreigingkaarten geldig na 1 oktober 2022.** Tot nu toe worden de updates gemaakt na bewezen historisch onderzoek, met name door het KNMI. Naar de meer voorspellende schattingen van de NAM werd niet geluisterd, want NAM werd als partijdig gezien. Maar met de huidige gegevens zouden TNO, NAM, Deltares en KNMI in staat moeten zijn de voorspellingen van het seismisch gedrag van te voren in kaart te brengen in aangepaste seismische dreigingkaarten die geldig zijn vanaf 1 oktober 2022 als de gasproductie tot nul is terug gebracht. Naar mijn beste informatie is die opdracht tot update van de seismische dreigingkaarten nog niet gegeven.

Sinds de tienseptemberbeslissing van minister Wiebes om per 1 oktober 2022 alle gasproducties te sluiten, zou het twaalfjaarschema van 30 maart 2018 ingekort kunnen worden tot het driejaarschema van tienseptember 2019. Dat zou betekenen dat die tijdvakken T2 en T3 ingekort kunnen worden, van steeds vier jaar tot één jaar elk. Na 1 oktober 2022 zou dan de 'opnieuw verbeterde' NPR 2023 kunnen gelden in een nader te bepalen tijdvak T4 met permanente pga waarden die de rust in de Groningse bodem weerspiegelen.

Sinds 2018 zijn de piekgrondversnellingen [pga's] die maatgevend zijn voor de grondbelasting ten opzichte van 2015, al 60% verlaagd [NAM]. De pga's kunnen vanaf 2023 mogelijk nog verder met 10% tot 40% verlaagd worden, zie de ontwerpdenatie onder hoofdstuk 7. Dat wil zeggen, met vanaf vandaag [24 maart 2020] nog 2,5 jaar ontwikkeling kan de NPR 2023 naar een realistisch niveau ontwikkeld worden. Geef die ontwikkeling haar tijd. Doe dat niet met te korte opdrachten die in feite meer de kabinetswisselingen in het oog houden, maar kijk naar de toekomstwaarde van Groningen. De geldigheid van de NPR 2023 zou hetzelfde moeten zijn als de normale normen, het Bouwbesluit. Het experimenteerdecennium in Groningen is dan definitief verleden tijd.

**Stelling 4: Kan de 'local personal risk' ofwel 'kans op instorting met dodelijke afloop' van 1 op 100.000 terug gebracht worden naar 1 op 10.000?** Die discussie moet open en transparant gevoerd worden, met alle betrokkenen. Er

is al 20 jaar geen instorting geweest. Er zijn wel een aantal oude gebouwen met flink achterstalling onderhoud onbewoonbaar verklaard. Maar heel Holland zakt. Is de eindbeslissing wel aan de politiek of neemt Groningen zelf haar toekomst in handen? Dat heeft grote gevolgen voor de rekenmodellen.

**Stelling 5: Ontwikkel een gemakkelijk hanteerbare handleiding voor de NPR 9998 dd 2023.** Een permanente NPR 9998 dd 2023 die vanaf 1 oktober 2022 zou kunnen gelden, als de gasproductie is gesloten, zou ook veel simpeler opgesteld moeten worden: minder academisch, minder uitgebreid, meer praktisch en korter. Voor gebruik door opdrachtgevers, architecten, bouwers, gemeentelijke toezichthouders en andere niet-ingenieurs.

**Stelling 6: herbereken de VA's van 2015 met de nieuwste gegevens van 2023.** Vanwege de lagere belastingwaarden door de lagere pga's en voldoende veiligheid van de Groningse woningen zouden de versterkingen beter op basis van een toekomstige NPR 2023 herberekend kunnen worden.

En in detail kan er dan wellicht ook rekening gehouden worden met het verlies aan bevingrobuustheid door de bestaande scheurvorming in het metselwerk, hetgeen nu niet gebeurt? De scheuren zijn veelal verticaal. Dat is ook de richting van de zwaartekracht. Dus verticale scheuren geven niet veel aanleiding tot bezwijken van muren uit het vlak. Het zou goed zijn hierop onderzoek te doen en inzicht te ontwikkelen, ook ter geruststelling van Groningse woningeigenaars.

Er komt dan een 3<sup>e</sup> golf van versterkingsadviezen: van een conservatief [2015], via verbeterd [2018] naar een 'opnieuw verbeterd' regime [2023], waarbij de versterkingsadviezen hopelijk ook gemakkelijker te berekenen zijn en begrijpelijk zijn voor bouwers en gemeentelijke supervisors?

**Stelling 7: uitvoering versterkingen volgens NPR 2023 ipv NPR 2015.**

Een belangrijke vraag wordt om de berekeningen van NPR 2015 van nog niet gerealiseerde versterkingen opnieuw te doen of de versterkingen conform die oude berekeningen te realiseren, ook al zijn ze kostbaar, achterhaald en niet meer nodig om de gevraagde graad van 'veiligheid' voor de bewoners in hun woningen te behalen?

Gezien het aflopend conservatisme in de NPR ontwikkeling en het toekomstige afsluiten van de gaswinning zou het beter zijn rekening te houden met de

toekomstige NPR dd 2023 dan met de NPR dd 2018 die in 2023 alweer achterhaald zal zijn. Zeker als we weten dat het voorbereiden van bouwkundig slopen & nieuwbouwen of versterken ook meerdere jaren in de voorbereiding en de uitvoering kost. Het uitgespaarde geld is beter te gebruiken voor de absoluut noodzakelijke gevallen! Een paar jaar geduld om weer rust in de provincie te krijgen en te focussen op een gezonde economie en samenleving?

**Stelling 8: Geef de ontwikkeling van NPR en VA's meer tijd en laat ze kritisch bekijken door onafhankelijke collega's.** Sinds de politiek meer lijkt te luisteren naar de ongeruste Groningers dan naar de ingenieurs, krijgen de laatsten steeds minder tijd hun experimenten te ontwikkelen naar volwassenheid. Half volwassen analyseproducten zoals de NPR worden als definitieve gegevens over de Groningers uitgestrooid en veroorzaken daar veel onzekerheid. Later blijkt dat een of twee jaar langere ontwikkeltijd met een meer volragen product minder onrust zou hebben veroorzaakt. Haastige spoed is zelden goed. Bijvoorbeeld stel dat in plaats van de NPR 2015 de NPR 2018 overal was gebruikt. Dan was de paniek veel minder groot geweest.

### **Eindgedachten:**

De overheid probeert de opstandigheid van de Groningers, ontstaan door de veel te trage afhandeling van schades, te dempen door aan de eerste batches versterkingen te werken, ook al zijn ze berekend op te zware belastingen van in het algemeen de NPR 2015 en ook al zullen in de toekomst [2023] die versterkingen onnodig blijken te zijn. Er zijn al woningcorporaties die plannen voor versterking (en verduurzaming) van rijenwoningen bevriezen.

Versnellen is een politieke keuze die wordt gedaan om de bevolking tegemoet te komen, maar niet omdat het verstandig is. Want de noodzaak tot slopen en nieuwbouwen is in de komende 2,5 jaar grotendeels achterhaald. Minister Wiebes vertraagt, minister Knops wil versnellen. Is het versnellen vanuit de politiek dan wel verstandig? Het zal uiteraard weer een zware dobber worden voor de gemeenten die al plannen maken vanwege versterken en slopen / herbouwen en hun inwoners op inspirerende wijze willen voorgaan.

Mijn belangstelling als ontwerper is gericht op de opnieuw verbeterde NPR 9998 dd 2023 met de realistisch te verwachten piekgrondversnellingen [pga's] die in werking zou moeten treden nadat de gasproductie is gesloten. De rekenmethodiek zou verwant moeten zijn aan de normale Nederlandse rekenregels volgens de Eurocode. Hopelijk zullen alle NO-Groningse gebouwen



na 2023 desnoods met een licht regime van versterken permanent bestand gemaakt zijn tegen toekomstige bevinggevolgen van een Groningse ondergrond in productiestilstand.

### **Tot slot**

In dit artikel ben ik vrijpostig geweest naar alle betrokken partijen. Door mijn solitaire positie, door niemand gesponsord of betaald, heb ik gemeend frank en vrij mijn redenatie te geven en mijn mening op te schrijven. Mijn ervaringen als 'design & build' ontwerper, engineer en bouwer van experimentele en sterk innovatieve constructies in de gehele wereld (in 25 landen gebouwd) spelen een sterk motiverende rol. Inclusief twee glasconstructie systemen in Mexico en Japan. Glas is evenals baksteen een bros materiaal. Toch kan men met het uiterst gevoelige materiaal glas ook heel goed aardbevingrobuuste gebouwen ontwerpen en uitvoeren.

Het moet in Groningen ook anders kunnen met het aloude materiaal baksteen. Ontwerpen en herontwerpen, engineeren, en uitvoeren zou moeten geschieden met meer creativiteit, beter in onderling overleg en onderling verband, met een beter zicht op de maatschappelijke gevolgen en meer efficiënt aangaande de juridische en financiële gevolgen! Maar ik besef ook dat sommige partijen als in een catch 22 in elkaar verstrengeld zijn. Alle in deze conclusies vermelde gegevens zijn in kranten gepubliceerd, zijn dus voor oplettende lezers publiek leesbaar en begrijpelijk. De publicaties vanuit de ministeries worden vaak pas enkele dagen later van commentaar voorzien door de pers, maar de historische gang van zaken loopt toch parallel. De privaat gehouden versterkingsadviezen [VA's] en de juridische bescherming die daaromheen is opgetrokken, hebben zich altijd als onbenoembare gegevens voorgedaan. Dat heeft het schrijven van deze conclusies ingewikkeld gemaakt.

**Het afgelopen decennium van 2012 tot 2023 is voor iedereen een experimenteel decennium.**

**In 2023 is het avontuurlijke Groningse aardbevingsdecennium weliswaar met veel ongenoegen, maar zonder grote materiële ongelukken en menselijke slachtoffers afgerond.**

**Dan kan Groningen weer zelfstandig aan haar eigen toekomst werken.**

Mogelijk zal de KNAW in staat zijn over drie jaar, 2023, na het afsluiten van de gasproductie een derde KNAW-minisymposium te organiseren. Dan kan daarin teruggekoppeld kan worden over de activiteiten tussen 2020 en 2023 in het Groningse aangaande de definitieve aardbevingrobuustheid van de gebouwen.



## Curriculum Vitae



**Prof. dr. Cisca Wijmenga** (1964), Lodewijk Sandkuijl hoogleraar humane genetica aan de Rijksuniversiteit Groningen en sinds mei 2019 rector magnificus aan de RUG. Wijmenga geldt als een vooraanstaand en toonaangevend wetenschapper, die in belangrijke mate heeft bijgedragen aan het begrip van de genetica van complexe, veelal chronische, aandoeningen, zoals glutenintolerantie. In 2012 werd zij benoemd als lid van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen KNAW. Voor haar werk ontving zij in 2015 de Spinozapremie. Ze is bestuurslid van ZonMW, was Fulbright scholar en hoofd van de afdeling Genetica in het UMCG. Wijmenga is een ervaren bestuurder die nationaal als internationaal haar sporen verdiend heeft en mensen weet te verbinden. Wijmenga heeft een warm hart voor de Groningse academische gemeenschap en is een groot voorvechtster van multi- en cross-disciplinair onderzoek. Ze hecht groot belang aan academische vrijheid en is een inspiratiebron voor haar studenten en medewerkers.  
[[www.rug.nl](http://www.rug.nl)]



**Prof. dr. Tom Postmes** (1965) is hoogleraar sociale psychologie aan de Rijksuniversiteit Groningen. Wetenschappelijk directeur Kennisplatform Leefbaar en Kansrijk Groningen, dat kennis bij elkaar brengt en deelt over de maatschappelijke impact van de bodembeweging en de transitie hierbij. Hij onderzoekt menselijk gedrag in virtuele groepen en gemeenschappen, van massa tot kleine groepen. Hoe groeit uit het gedrag en de ideeën van individuen een collectief? Met collega's doet hij onder andere onderzoek naar maatschappelijke onrust. In opdracht van het ministerie van Justitie en Veiligheid integreerde hij voor de rijksoverheid de stand van kennis over ongenoegen, protest en grootschalige ordeverstoringen. Sinds 2014 onderzoekt hij samen met Katherine Stroebe, in opdracht van de Nationaal Coördinator Groningen, de maatschappelijke reacties op aardbevingen.  
[[t.postmes@rug.nl](mailto:t.postmes@rug.nl)]



**Prof.dr.ir.dr.h.c. Joost Walraven** (1947) is civiel ingenieur TU Delft. Hij promoveerde aan de TU Delft in 1980 en werkte daarna tot 1985 bij Corsmit Consulting Engineers. Van 1985 tot 1989 was hij hoogleraar “Massivbau” aan de Technische Universiteit van Darmstadt in Duitsland. Van 1990 tot 2012 was hij hoogleraar Betonconstructies aan de TU Delft. Hij was president van de International Concrete Fédération fib 2000-2002 en voorzitter van het Project Team dat verantwoordelijk was voor de huidige Eurocode 2 Betonconstructies. Hij was auteur/co-auteur van ongeveer 500 publicaties in vakbladen en conference proceedings. Hij ontving eredoctoraten van de universiteiten van Kassel (2008) en Stettin (2016) en ontving de Leermeesterprijs van de TU Delft in 2004. Hij is voorzitter van de NEN Werkgroep aardbevingen sinds 2013, belast met het uitbrengen van NPR2015, NPR2018 en NPR2020.

[jcwalraven@hotmail.com]



**Dr. Ir. Joop Paul MBA** (1960) Studeerde Civiele Techniek TU Delft, promoveerde op de Kumamoto University, en deed een post-doc gedaan aan de Universiteit van Tokio. MBA aan de London Business School. Hij was 10 jaar Hoogleraar in het Ontwerpen van Draagconstructies TU Delft en lid van de NPR 9998 Commissie. Begon zijn loopbaan bij bouwonderneming Obayashi in Tokio,. Daarna werkzaam bij Arup, in Tokio, London, Amsterdam en Groningen. Binnen Arup landendirecteur, regiobestuur van Europa en bestuurder van de Arup University. Verantwoordelijk voor de digitale transformatie van Arup op landelijk en Europees niveau. Als constructeur, projectmanager en projectdirecteur leidde Joop verschillende complexe multidisciplinaire projecten in Azië en Europa. Canton Tower in Guangzhou, Station Arnhem, het Rijksmuseum, Museum Voorlinden, het Binnenhof, en het Groningen Earthquakes Structural Upgrading (GESU) project.\

[www.arup.com]



**Ing. Julia Finkielsztajn MSc.** (1978) studeerde civiele techniek TU Stettin (Polen) en op de Hanzehogeschool. Daarna master in vastgoedmanagement aan Koninklijke Instituut van Technologie (KTH), Zweden. Bij Deloitte betrokken bij de ontwikkeling en realisatie van scholen. Daarna tien jaar bij woningcorporatie Lefier, eerst in ontwikkeling en daarna aan het beleid, als programmamanager. In 2014 NAM om de negatieve effecten van de aardbevingen te helpen verminderen. Ze is maatschappelijk betrokken, creatief en oplossingsgericht. Julia vindt samenwerken belangrijk, ze wil graag mensen verbinden en gelooft in de kracht van dialoog en mediatie. Ze neemt actief deel aan de maatschappelijke en politieke discussies en spreekt dan graag over actuele thema's. Ze woont met haar man en twee zoons in Groningen.

[julia.finkielsztajn@shell.com]



**Dr.ir. İhsan Engin Bal** (1980) is civiel ingenieur gepromoveerd op aardbevingen. Hij is sinds 2017 lector aardbevingsbestendige constructies aan de Hanzehogeschool in Groningen. Hij heeft als ontwerpingenieur gewerkt aan seismische versterkingsprojecten, nam deel aan onderzoeksprojecten op het gebied van seismische beoordeling, gevaar en risico, versterking en monitoring. Hij werkte van 2012 tot 2017 als universitair docent aan de Technische Universiteit van Istanbul, waar hij adviseur was van de burgemeester van Istanbul en ook van de Algemene Directie Cultureel Erfgoed voor seismische veiligheid van de historische gebouwen. Hij is lid van de Technische Commissie van NCG, medeoprichter en voorzitter van de Dutch Earthquake Engineering Association, voorzitter van de NCG-commissie van het tiltmeter-project en lid van het internationale Assurance Panel voor de evaluatie van het HRA-model.

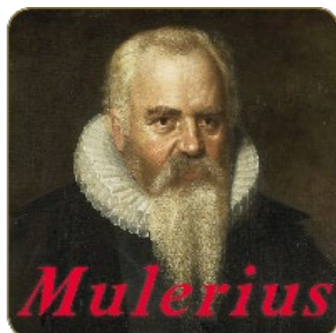
[i.e.bal@pl.hanze.nl - www.EQresearch.nl]





**Prof.dr.ir. Mick Eekhout** (1950) is bouwkundig ingenieur TU Delft. 8 jaar architect. Richtte in 1978 Octatube Engineering op. De Octatube groep telt nu 120 werknemers. Specialist op het gebied van complexe constructies en glas constructies. Realiseerde in Groningen het atriumdak van het stadhuis en van het provinciehuis en de glazen daken van de faculteit Informatica en de Spiegelzaal van de RUG. Promoveerde in 1989. Realiseerde met zijn bedrijf Octatube een grote kozijnloze glazen gevel in Mexico City en ontwikkelde en testte het kozijnlozen glassysteem Quattro SR voor Japan. Werd in 1991 benoemd als hoogleraar Productontwikkeling TU Delft. Was afdelingsvoorzitter en onderzoek-snestor. In 2003 benoemd voor het leven als lid van de KNAW en de Academy of Technology & Innovation ActI. In 2012 Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw vanwege zijn innovatieve ontwerpen. Schreef 20 boeken. Werkte met Rijksbouwmeester, Reddekuip, Economisch Platform Delft, Maison d'Artise en het energiepositieve Concept house / Concept Urban Villa .  
[m.eekhout@octatube.nl]

Stichting  
*Nicolaas Mulerius* fonds





Deze bundel artikelen komt in de plaats van de lezingen op het KNAW minisymposium van 24 maart 2020 dat helaas door de Coronacrisis geen doorgang kon vinden.

Mogelijk wordt het in de toekomst alsnog georganiseerd.

In deze bundel is opgenomen een voorwoord van de rector RUG Cisca Wijmenga en na een inleiding de artikelen die de sprekers zouden hebben getoond: Tom Postmes, hoogleraar sociale psychologie, Joost Walraven, voorzitter van de NPR commissies, Joop Paul directeur Arup, Julia Finkielsztajn Projectmanager NAM, Ihsan Bal, lector Hanzehogeschool en als afsluiting de conclusies van Mick Eekhout, hoogleraar productontwikkeling en KNAW lid. Alle sprekers hebben vanuit hun eigen ervaringen hun inbreng opgesteld. In de conclusies worden de verschillende inbrengen enigszins aan elkaar gekoppeld in een overkoepelende beschouwing.